N° 2 31 JANVIER 1938

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1910).
Directeurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

Directeur :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.
La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Sciences naturelles.

Le déterminisme du polymorphisme chez les fourmis.

(A propos d'un ouvrage posthume de W. M. Wheeler.)

Tous les entomologistes connaissent les controverses qui se sont élevées au sujet de la détermination du polymorphisme chez les Hyménoptères. Pour les uns, les différentes castes sont déterminées dès l'œuf, par des facteurs héréditaires (*théorie blastogénique*). Pour d'autres, elles sont exclusivement déterminées par la quantité ou la qualité de la nourriture administrée aux larves (*théorie trophogénique*). Pour les Abeilles et les Guêpes, les expériences ont prouvé que la différenciation en reines ou en ouvrières est d'ordre trophogénique.

Pour les Fourmis, la question est restée longtemps controversée. Certains myrmécologistes, Emery en particulier, sont restés partisans intransigeants de la théorie trophogénique. Par contre, Forel, Wheeler, ont défendu le point de vue blastogénique. Dans un exposé de la question qui remonte à quelques années (*Bull. Biol. France-Belgique*, LXIV, 1930), je me ralliais à la conception blastogénique, tout en reconnaissant le rôle important joué par la nourriture dans la différenciation des castes.

La question vient d'être définitivement résolue, grâce à une remarquable découverte due à W. M. Wheeler. Ces recherches ont été rassemblées dans un ouvrage[1] que l'illustre myrmécologiste, mort le 19 avril 1937 n'aura pu voir imprimé.

Le Dr N. A. Weber recueillait, en 1935, dans l'île de Trinidad, deux colonies anormales de Fourmis : l'une de *Cephalotes atratus quadridens* renfermait *plus de 4.000 gynandromorphes*; l'autre d'*Acromyrmex octospinosus* contenait 163 individus anormaux de différents types.

L'étude de la première colonie, si remarquable par le nombre énorme de gynandromorphes qu'elle renfermait et qui fait songer à la ruche d'Eugster, devait faire l'objet d'une monographie particulière. Espérons que cette étude inachevée sera poursuivie par un élève de W. M. Wheeler.

La colonie anormale d'*Acromyrmex octospinosus* fait l'objet de l'ouvrage précité. *A. octospinosus* est un représentant de la tribu des *Attini*, et cultive, comme les autres représentants de cette tribu, des meules à champignons. Cette espèce ne possède pas une caste de vrais soldats, mais les ouvrières se répartissent en trois catégories distinctes : majores, mediae et minores.

La colonie anormale renfermait 8.174 individus dont 163 anormaux. Parmi ces formes anormales, on remarquait des femelles d'un type aberrant, que Wheeler considère comme des mutations. La plus remarquable est celle que Wheeler désigne sous le nom de « scrobiculate mutation ». Elle se caractérise par la forme évasée du bord postérieur de la tête, et par la présence de carènes arquées qui

1. Wheeler (William-Morton) : Mosaics and other Anomalies among Ants. — Harvard University Press. Cambridge, Mass. 1937.

limitent des scrobes antennaires. La tête est de couleur brune ou noirâtre, et non jaunâtre, comme celle des individus normaux. En raison de cette coloration et de la forme de la tête, on peut en induire que cette femelle mutante était la mère[2] d'une autre femelle du même type, de 10 gynandromorphes, de 46 gynergates et de 1 diploergate.

Passons sous silence les gynandromorphes qui appartiennent à des types déjà connus. Mais, arrêtons-nous sur les deux dernières catégories dont à part un exemplaire récemment décrit par G. S. Tulloch (1932), aucun cas n'était encore connu chez les Fourmis. Les *gynergates* sont des mosaïques de femelle et d'ouvrière. La mosaïque n'intéresse que la tête[3]. Certains gynergates représentent des mosaïques antéro-postérieures, d'autres des mosaïques latérales, fortement dissymétriques.

Quant à l'unique *diploergate*, il représente une mosaïque (toujours exclusivement céphalique) d'ouvrière major et d'ouvrière media.

Ces mosaïques de castes sont évidemment homologues des mosaïques sexuelles ou gynandromorphes[4]; elles doivent être produites par les mêmes mécanismes, et ont en fin de compte, pour origine, des anomalies apparaissant au cours du développement des œufs de la femelle mutante. Ces mosaïques sont d'ailleurs léthales, et les gynergates meurent presque tous ayant d'avoir atteint la maturité.

Le gros intérêt de ces mosaïques est d'établir définitivement le bien fondé, chez les Fourmis, de l'interprétation blastogénique. Il n'y a pas l'ombre d'un doute que la détermination du sexe estt, chez les Hyménoptères, un phénomène génétique. Le gynandromorphisme représente donc une anomalie génétique. On doit en conclure, par analogie, que les gynergates, comparables, à tous points de vue, aux gynandromorphes, sont produits par un mécanisme analogue[5], et que par suite, la détermination des castes femelle et ouvrière dépend de facteurs génétiques. La théorie trophogénique serait d'ailleurs totalement incapable de rendre compte de l'apparition de ces mosaïques. Enfin, l'existence du diploergate prouve que les différentes catégories d'ouvrières d'*Acromyrmex octospinosus* sont aussi déterminées génétiquement. Il en est probablement de même dans les cas où les soldats et les ouvrières sont nettement distincts. Par contre, là où des intermédiaires relient les ouvrières majores aux ouvrières minores, la nourriture doit jouer le rôle capital dans la détermination du polymorphisme.

C'est là un nouvel exemple du parallélisme si remarquable et si fréquent entre somation et mutation.

A. VANDEL.
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

2. Les femelles d'*A. octospinosus* s'accouplent dans le nid, et non en vol nuptial. Il en est de même pour les Fourmis parasites sans ouvrières.

3. Il en est de même de presque tous les gynandromorphes d'*Acromyrmex octospinosus* et de *Cephalotes atratus* récoltés par le Dr Weber; chez tous, sauf quelques exceptions, la mosaïque sexuelle est limitée à la tête. Le gynandromorphe de *Pheidole pallidula* que j'ai décrit (*Bull. Biol. France Belgique*, LXV, 1931) appartient au même type. Il y a là une condition qui ne peut être le simple fait du hasard et qui pourra vraisemblablement être éclaircie par l'étude précise de la segmentation de l'œuf des Fourmis.

4. Comme les *intercastes* (WHELER) sont les homologues des *intersexués*.

5. Wheeler n'a pas essayé de préciser le mécanisme qui donne naissance à ces mosaïques. Il est probable que ces mosaïques sont dues au développement d'œufs binucléés ou d'œufs fécondés tardivement alors que l'œuf a commencé à se segmenter. Si l'un des noyaux est seul « fécondé », tandis que l'autre se développe « parthénogénétiquement », l'œuf donnera un gynandromorphe (théorie de Boveri). Si les deux noyaux sont « fécondés » et que, par suite du hasard, ils renferment des gènes réglant le polymorphisme femelle de nature différente, l'œuf donnera des gynergates ou des diploergates.

REVUE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE *

LA STRUCTURE DES NOYAUX ATOMIQUES ET LES FORCES NUCLÉAIRES

8. **Théorie des noyaux lourds.** — Il ne paraît pas qu'on ait atteint des résultats définitifs en ce qui concerne la structure détaillée des noyaux lourds[21].

La méthode théorique la plus fréquemment utilisée pour ces noyaux est la méthode de Fermi-Thomas. Cette méthode considère le noyau, sans tenir compte d'éventuelles répartitions en couches des diverses particules nucléaires, comme une sorte de gaz composés de très nombreuses particules, et suppose que la température de ce gaz correspond au zéro absolu. Cet état équivaut à une dégénérescence complète du gaz en ce sens qu'en vertu du principe d'exclusion de Pauli, tous les états stationnaires des protons et des neutrons au-dessous d'une certaine limite d'énergie, sont occupés chacun par une particule, tandis que les niveaux supérieurs restent vides.

Cette méthode, comme nous l'avons déjà signalé (§ 4), permet de démontrer que 1) pour un rapport donné de

$$\frac{N}{Z} = \frac{\text{nombre de neutrons}}{\text{nombre de protons}} = \frac{A-Z}{Z},$$

le rayon nucléaire est proportionnel à $\sqrt[3]{N+Z}$ en d'autre termes, le volume du noyau, pour un $\frac{N}{Z}$ donné, est proportionnel au nombre de particules qu'il renferme; 2) l'énergie de liaison d'un noyau, pour un rapport de $\frac{N}{Z}$ donné, est proportionnelle au nombre de particules contenues. Ces résultats sont, nous l'avons vu, pleinement confirmés par l'expérience.

Divers auteurs ont essayé de construire un modèle de noyaux comportant des couches énergétiques dans lesquelles les constituants élémentaires, protons et neutrons, évolueraient indépendamment les uns des autres. Or, Heisenberg a montré que si cette répartition en couches semble pouvoir se faire jusqu'à $Z<20$, il n'en est plus ainsi pour les noyaux plus lourds dont la constitution ne se prête pas à une représentation intuitive. Les fonctions d'onde d'un noyau lourd s'avèrent comme étant des superpositions, d'une part, de fonctions propres qui correspondent, intuitivement, à une structure en protons et en neutrons, et d'autre part, de fonctions d'onde associées à l'apparition de particules α dans le noyau. L'état réel résultant de la superposition des deux cas intuitivement représentable ne saurait donc correspondre à un modèle nucléaire ayant un caractère pittoresque, qui s'adresse à la vue ou à l'imagination.

9. **Diffusion de neutrons par des protons.** — On peut tirer des conclusions très importantes de l'hypothèse qu'une interaction entre le proton et le neutron ne peut avoir lieu que sur des distances de l'ordre de $r_0 = 2.10^{-13}$ cm. (si l'on fait abstraction des faibles effets dus aux moments magnétiques de ces particules). Il s'ensuit qu'un neutron pour être dévié par l'action d'un proton doit s'en rapprocher beaucoup.

Des neutrons d'énergie cinétique E_0, ayant par conséquent une longueur d'onde de de Broglie

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_0}} \qquad (v : \text{vitesse}; \; m : \text{masse du neutron})$$

et un moment de rotation l, passent devant un proton à une distance de l'ordre de grandeur de $l\lambda$. En effet, puisque le moment de rotation est quantifié

$$l\frac{h}{2\pi} = mvr = \frac{rh}{\lambda},$$

d'où

$$r = \frac{l\lambda}{2\pi}.$$

Pour qu'il y ait interaction, il faut donc que $r \leq r_0$. Pour les neutrons utilisés jusqu'à présent à cet effet et dont l'énergie est inférieure à 4.10^6 e. V, cette condition n'est remplie que pour $l=0$ (choc central). La diffusion n'aura donc lieu

* Voir le n° 1, 1938, de la *Revue*.

21. Il semble pourtant que les idées récentes de Bohr concernant les noyaux lourds (*Nature*, 29 fév. 1936), ainsi que la nouvelle théorie de Bohr et Kalckar, jettent un peu plus de clarté sur ces questions si complexes. Je compte revenir sur ces théories dans un autre article.

que pour un moment de rotation nul des neutrons; elle aura dans ce cas une allure de symétrie sphérique dans le système de coordonnées se déplaçant avec le centre de masse du proton et du neutron.

Si lors de la diffusion des neutrons par des protons, les directions de spin des particules en interaction étaient parallèles, la section de choc totale σ[22], calculée à partir des données relatives au deuton, serait :

$$\sigma = \frac{h^2}{\pi m} \cdot \frac{1}{E + \frac{1}{2}E_0}$$

où $E = 2{,}15.10^6$ e. V. est l'énergie de liaison du deuton.

En réalité, comme l'a fait observer Wigner, dans chaque processus de choc, les états des spins parallèles et antiparallèles sont mélangés dans le rapport (de 3 à 1) des poids statistiques. L'expérience montre alors que la section totale de choc a pour valeur

$$\sigma = \frac{h^2}{4\pi m}\left\{\frac{3}{E + \frac{1}{2}E_0} + \frac{1}{E' + \frac{1}{2}E_0}\right\}$$

où E' représente une énergie d'environ $1{,}2.10^5$ e. V.

Wigner a suggéré que E' représenterait l'énergie de liaison de l'état simple 1^1S_0, signalé plus haut qui serait ainsi un niveau réel. Mais la théorie mathématique des processus de diffusion indique que cette conclusion n'est pas obligatoire; ce niveau d'énergie E' peut figurer dans l'expression de la section de choc sans qu'il existe effectivement un état stationnaire correspondant; ce niveau est alors dit niveau virtuel. D'autres phénomènes ont montré par ailleurs qu'il s'agit en effet d'un tel niveau virtuel et que par conséquent le deuton ne possède pas d'états différents de l'état fondamental 1^3S_1.

Parmi ces phénomènes il convient de citer en premier lieu la capture de neutrons par des protons. En cas de mouvement relatif rapide d'un proton et d'un neutron, le proton peut rayonner un photon et s'associer au neutron pour former un deuton. Pour des vitesses relatives faibles cependant le rayonnement due à la charge ne joue pratiquement pas de rôle. Mais il peut fort bien arriver que si $l = 0$ et si les spins sont initialement antiparallèles, la direction du spin d'une particule en interaction se renverse, donnant ainsi naissance à un rayonnement de dipôle magnétique; il s'agit alors d'une transition $1^1S_0 \rightarrow 1^3S_0$.

22. La section de choc totale est définie comme le nombre de neutrons diffusé par unité de temps, si dans le faisceau incident un neutron traverse l'unité d'aire par unité de temps.

10. **Diffusion de protons par des protons et interaction proton-proton.** — Si l'interaction d'origine électrostatique existait seule entre deux protons, la section de choc serait donnée par la formule de Rutherford, telle qu'elle a été modifiée par Mott pour tenir compte du phénomène d'échange entre protons. Il est essentiel d'admettre alors avec Mott que les protons obéissent à la statistique de Fermi-Dirac et ont le spin $1/2$ $\frac{h}{2\pi}$.

Or, de récentes expériences de Tuve, Heydenburg et Hafstad ont démontré que la formule de Rutherford-Mott n'est pas d'accord avec leurs résultats expérimentaux pour des grandes vitesses relatives.

Ceci prouve qu'il existe une autre force d'interaction entre deux protons en plus de la force de Coulomb. Il semble raisonnable d'admettre que cette force est de la même nature que celle qui agit entre un proton et un neutron car ces forces sont sans doute due à la même cause non électrique. On peut alors, de même que pour la diffusion de neutron par des protons, en conclure que seules les particules de moment de rotation nul ($l = 0$) seront sensiblement influencés par la force nucléaire entre deux protons.

Comme l'ont montré Breit, Condon et Present par l'analyse mathématique des résultats obtenus par ces trois expérimentateurs, tous les effets observés pourraient être parfaitement interprétés par l'existence d'une interaction proton-proton représentée par un cratère de potentiel rectangulaire (figure 6) en admettant pour $r > r_0 = 2{,}8.10^{-13}$ cm.

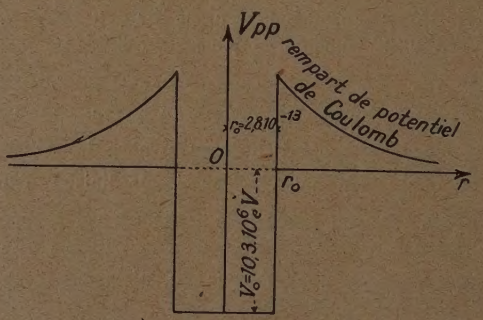

Fig. 6.

le potentiel de Coulomb, pour $r < r_0$ par contre un potentiel constant négatif de $10{,}3.10^6$ e. V.

Pour qu'une interaction de nature non électrique entre deux protons puisse avoir lieu il est nécessaire, en plus d'un moment de rotation $l = 0$, que les directions de spins soient antiparallèles. Breit et ses deux collaborateurs arrivent à cette conclusion que le trou de potentiel obtenu dans ces conditions peut être supposé tout

à fait identique à celui qui correspond au niveau virtuel $^1S_0$ de l'interaction neutron-proton (§ 9). Deux autres auteurs américains (Cassen et Condon) ont alors émis l'hypothèse que toutes les forces nucléaires de nature non électrique entre les constituants élémentaires lourds (proton, neutron) obéissent à une loi unique et universelle, englobant les trois types d'interaction : neutron-proton, proton-proton et neutron-neutron. L'égalité approchée entre le nombre de protons et de neutrons, s'explique alors, contrairement à ce qui a été dit au § 4, par le principe d'exclusion de Pauli qui favorise l'addition de particules d'espèce différente tout comme dans l'atome où les couches électroniques sont constituées par l'adjonction successive d'électrons de spin opposé.

Reste à savoir, si cette hypothèse s'avère exacte, dans quelle mesure l'interaction proton-proton se compose d'une interaction du type Majorana, d'une interaction du type Heisenberg et d'une interaction ordinaire (ou éventuellement encore d'une interaction du type Bartlett).

11. **Le neutrino.** — Nous avons déjà indiqués (§ 1) quelques-unes des raisons qui s'opposent à l'existence d'électrons libres à l'intérieur des noyaux. La plus forte de celle-ci est sans doute l'impossibilité de l'existence d'une barrière de potentiel suffisante pour maintenir les électrons à l'intérieur du noyau. On sait en effet que les noyaux émetteurs de rayons β ont des durées de vie s'échelonnant d'une faible fraction de seconde à environ 10^8 années. Il doit donc y avoir une force maintenant les particules β dans le noyau, malgré le fait qu'elles ont assez d'énergie pour s'échapper. On pourrait être tenté d'admettre une barrière de potentiel empêchant les électrons de quitter le noyau, en analogie avec l'émission des particules α[23]. Or, des raisons très graves s'opposent à une telle hypothèse. D'après toutes nos connaissances en effet un noyau attire un électron à toutes les distances. Cela est vrai pour les grandes distances (attraction de Coulomb) et à des distances très faibles, en vertu de l'hypothèse même que l'électron est lié au noyau. Donc s'il existait une barrière de potentiel pour les électrons, il y aurait une forte répulsion aux distances intermédiaires. De plus, la largeur de cette barrière de potentiel serait beaucoup plus grande que la longueur d'onde de Compton $\frac{h}{2\pi mc}$. Or, comme le rayon de la couche K des atomes lourds est de l'ordre de grandeur de cette longueur d'onde de Compton, la barrière de potentiel hypothétique modifierait le potentiel agissant sur les électrons de la couche K et aurait des effets sensibles sur l'énergie de tous ces électrons. Or, rien de tel n'a été observé. Dans ces conditions on se voit obligé d'admettre que les électrons observés dans les désintégrations β ne préexistent pas dans le noyau émetteur et de supposer qu'ils sont créés au moment même de leur émission. Le phénomène de désintégration β est donc plutôt comparable à l'émission de lumière par les atomes qu'à la désintégration α. Cette comparaison avec la lumière sert utilement à expliquer ce qu'on entend ici par préexistence et création au moment de l'émission.

Il serait en effet incorrect de dire que l'atome d'hydrogène dans le quatrième état quantique par exemple, contient les photons correspondant aux raies spectrales qu'il est capable d'émettre. L'atome d'hydrogène est toutefois capable d'émettre ces photons et il est universellement admis que ceux-ci sont créés au moment même de leur émission. L'émission d'électrons par les noyaux serait tout à fait analogue, il suffit de remplacer partout le mot « photon » par le mot « électron ».

Cette hypothèse de la création des particules β résout les difficultés relatives à l'impossibilité de l'existence d'une barrière de potentiel ainsi qu'aux moments magnétiques nucléaires. Ceux-ci sont en effet tous de l'ordre de grandeur du magnéton protonique $\frac{eh}{2\pi m_p c}$ alors qu'ils devraient être de l'ordre de grandeur du magnéton de Bohr

$$\left(\frac{eh}{2\pi m_{\text{elec}} \cdot c}\right)$$

si des électrons existaient dans le noyau. Restent toutefois les difficultés concernant les statistiques, les spins et le spectre continu des rayons β[24]. C'est pour lever ces difficultés que Pauli a lancé l'hypothèse du neutrino dont les propriétés sont : corpuscule sans charge électrique, pourvu d'un spin $\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}$ et obéissant à la statistique de Fermi-Dirac. Il se distingue donc du photon par son spin et sa statistique alors qu'il s'en rapproche par sa masse au repos et sa charge nulles. Le neutrino ne se distingue d'autre part de l'électron que par l'absence de charge et de masse.

On est donc conduit assez naturellement à décrire ses propriétés par une fonction d'onde du même genre que celle de l'électron de Dirac. Cette fonction d'onde satisfait à l'équation relativiste de Dirac mais où l'on aura égalé à zéro la masse et la charge. Comme d'autre part

23. T. KAHAN : *Théorie de l'énimie des rayons α*, etc. Herrmann, 1936.

24. T. KAHAN: *Revue générale des Sciences*, 30 déc. 1936.

cette équation d'ondes relativiste possède, par sa nature même, des solutions à énergie positive et des solutions à énergie négative, comme dans le cas de l'électron, on suppose remplir normalement tous les états à énergies négatives, d'où seulement des lacunes, des « trous » dans la distribution uniforme de ces états à énergie négative qu'on appelle « antineutrino ». En fait, comme la charge et la masse sont nulles, ces antineutrinos sont impossibles à distinguer des neutrinos proprement dits. Mais leur usage se montre commode dans l'analyse mathématique de ces phénomènes. La théorie du neutrino est étroitement liée d'abord, naturellement, à la théorie des désintégrations β, puis comme nous le verrons par la suite, à la théorie de l'interaction neutron-proton (ainsi qu'à celle du moment magnétique du proton et du neutron).

12. **La désintégration β.** — Rappelons d'abord les caractéristiques fondamentales de la désintégration β. La vitesse de corpuscules β émis par une substance radioactive donnée varient depuis zéro jusqu'à une limite supérieure assez bien définie et variable avec la substance. A l'aide d'un champ magnétique il est possible de séparer les corpuscules ayant des vitesses différentes; on obtient ainsi un *spectre continu*[25], à l'encontre de ce qui se passe pour l'émission α.

Ce spectre continu admet deux interprétations différentes. On peut supposer en premier lieu que les rayons β quittent effectivement le noyau avec des énergies différentes s'échelonnant d'une manière continue entre zéro et une valeur maxima. On peut aussi imaginer cependant qu'ils sont émis par le noyau tous avec la même énergie mais qu'en traversant le champ électrique du noyau ils perdent une partie de cette énergie sous forme de rayonnement. Les rayons β d'énergie maximum seraient ceux qui ont conservé leur énergie initiale; les corpuscules de faible vitesse, par contre, ceux qui ont perdu presque toute leur énergie sous forme de rayonnement.

L'expérience permet de trancher la question en faveur de la première interprétation; elle nous contraint donc à admettre que les corpuscules β sont émis avec des énergies différentes. Or, cette conclusion semble, au premier abord, difficilement conciliable avec d'autres propriétés des noyaux. En effet, si l'on admet le principe de conservation de l'énergie et si tous les noyaux ont la même énergie avant la désintégration, ils devraient avoir des énergies différentes après la projection d'un corpuscule β, et par conséquent, des masses différentes, en vertu du théorème d'Einstein (§ 2). Si l'on suppose que les éléments stables à l'heure actuelle ont été créés à un moment ou un autre de leur histoire par des processus radioactifs, les divers noyaux d'un même élément devraient présenter, eux aussi, des différences de masses, parfaitement décelables par la spectrographie des masses. Or, l'expérience prouve que ces différences de masse n'existent pas.

En outre, l'alternance régulière des intensités dans les spectres de bande des éléments légers montre que les noyaux d'un même élément sont absolument identiques. Enfin, souvent, un noyau radioactif émet un photon γ ou une particule α immédiatement après une désintégration β; or l'énergie du rayon γ ou α est toujours parfaitement définies, ce qui serait difficilement compréhensible si l'énergie du noyau émetteur présentait des fluctuations.

Une autre difficulté provient du spin et de la statistique. Si l'on admet que le noyau initial est formé par le noyau final et par l'électron émis, on est conduit à conclure que si la valeur du spin de l'un des noyaux est un nombre entier, la valeur du spin de l'autre noyau sera un nombre demi-entier car le spin de l'électron est $\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}$. Or, nous avons vu précédemment (§ 1) que le spin d'un noyau ne dépend que de la parité de celui-ci (poids atomique pair ou impair). De même, l'émission d'un rayon β, ne modifiant pas le poids atomique, ne devrait pas changer la statistique du noyau émetteur. D'autre part l'échange de coordonnées du point de vue de la fonction d'ondes de deux noyaux non encore désintégrés est équivalent à l'échange des coordonnées des produits de désintégration, en l'espèce des deux nouveaux noyaux et des deux corpuscules β. Mais ces derniers, obéissant à la statistique de Fermi-Dirac, changent le signe de la fonction d'onde. Pour que les deux modes d'échange soient équivalents il faudrait supposer que les noyaux initiaux et les noyaux créés par une désintégration β satisfont, au fait, chacun à une statistique différente, ce qui est contraire à l'expérience puisque le type de celle-ci ne dépend que des masses nucléaires.

L'hypothèse du neutrino permet de lever toutes ces difficultés. Le paradoxe du spectre continu des rayons β se résout ainsi. L'excès d'énergie du noyau instable qui va se désintégrer est répartie statistiquement entre le corpuscule β et le neutrino créés au cours de la désintégration. D'après cette façon de voir, l'énergie maximum des rayons β correspond à l'énergie de transformation du noyau.

Le bilan d'énergie des transformations radioacti-

25. T. KAHAN, *loc. cit.*

vestant spontanées que provoquées fournit du reste une preuve directe de l'exactitude de cette dernière conclusion. Il existe dans les familles radioactives quelques bifurcations où un noyau X est capable d'émettre soit un rayon β soit un rayon α de sorte qu'il peut donner naissance soit à un certain noyau X', soit à un autre noyau X", suivant le schéma de la figure 7.

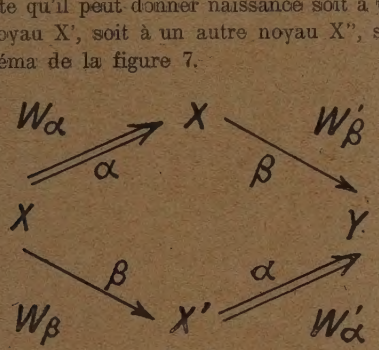

Fig. 7.

Le noyau X', formé par émission β se transforme à son tour, par émission α, en un noyau Y, et le noyau X" créé par émission β se transforme à son tour en un noyau de même espèce Y. Si W_β représente l'énergie maximum du spectre β continu et W_α l'énergie du rayonnement α de X, tandis que le spectre β de X" présente l'énergie maximum W'_β et le rayonnement α de X' possède l'énergie W'_α, l'expérience démontre que

$$W_\beta + W_{\alpha'} = W_\alpha + W_{\beta'},$$

ce qui est nettement en faveur de l'hypothèse du neutrino.

Cette hypothèse rend aussi possible la conservation de la quantité de mouvement. Il suffit pour cela que la somme vectorielle des quantités de mouvement des trois particules après désintégration (noyau final, électron et neutrino) soit égale à zéro. A cause de la petitesse de la masse de l'électron et du neutrino, la vitesse que prend le noyau sera en tout cas très faible et par suite difficilement décelable expérimentalement. Les conditions les plus favorables se présentent dans le cas de noyaux légers de radioéléments artificiels. Des expériences de ce genre entreprises par Leipunsky semblent être en faveur de l'existence du neutrino.

On se rendra facilement compte que les difficultés relatives au spin et à la statistique disparaissent également si l'on attribue au neutrino un spin de $\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}$ et s'il est supposé satisfaire à la statistique de Fermi-Dirac.

13. **Théorie de la désintégration** β. — Des raisons impérieuses, on l'a vu, nous ont amenés à concevoir la création de l'électron positif ou négatif et aussi du neutrino, au cours même de l'acte d'émission [26]. Or, si un noyau émet un corpuscule β, sa charge augmente d'une unité tandis que sa masse reste inaltérée. En d'autres termes, le nombre de protons nucléaires augmente d'une unité tandis que le nombre de neutrons diminue d'autant. La transformation β peut donc se concevoir comme la transformation d'un neutron (^1_0n) en un proton $_1{}^1H$, un électron (e^-) et un neutrino (^0_0n)

$$a) \qquad {}^1_0n \rightarrow {}^1_1H + e^- + {}^0_0n$$

De même, un processus radioactif induit (ou artificiel) comportant l'émission d'un positron (e^+) se fera suivant la réaction nucléaire

$$b) \qquad {}^1_1H \rightarrow {}^1_0n + e^+ + {}^0_0n$$

représentant la transition de l'état de proton de la particule lourde, à l'état de neutron [27].

Insistons sur ce point capital : il est incorrect de considérer le neutron par exemple comme composé d'un proton, d'un électron et d'un neutrino; le neutron est seulement censé se transformer en ces particules. Bien plus, des noyaux de même masse atomique A, mais de charge Z différente sont considérés comme des états quantiques différents d'une seule et même entité, caractérisée par le nombre A de ses particules lourdes.

Le problème central de la théorie des désintégrations β sera alors de calculer la probabilité des processus (*a*) et (*b*). Fermi, s'appuyant sur l'analogie avec l'émission de photon, a introduit une force nouvelle capable de produire ces réactions, à savoir convertir un neutron en un proton et inversement, avec production simultanée d'un électron ou d'un positron et d'un neutrino.

Afin de mieux faire comprendre la théorie de Fermi, rappelons brièvement la théorie de Dirac relative à l'interaction du rayonnement électromagnétique et de la matière (atomes). Soit un système se composant de deux parties, à savoir de l'atome et du champ de rayonnement électromagnétique dans lequel celui-ci est plongé. Si le rayonnement est supposé ne perturber que légèrement le mouvement des électrons dans l'atome et si d'autre part l'atome est censé ne guère troubler le champ de rayonnement (supposé très étendu), nous avons affaire à un problème de perturbation. Le système non perturbé sera alors constitué par

26. Depuis la découverte du phénomène de dématérialisation de l'énergie (production d'une paire d'électrons positif et négatif par l'annihilation de photon γ), le théorème de conservation du nombre d'électrons a perdu de sa signification.

27. Il conviendrait mieux d'appeler dans cette réaction la seconde particule légère un antineutrino, d'après la forme de la théorie que lui a donnée Fermi.

l'atome isolé et le champ de rayonnement non influencé par l'atome, et l'interaction rayonnement-atome se calculera comme une faible perturbation.

L'hamiltonien (ou l'énergie) de ce système aura donc pour expression :

$$H = H\,(\text{matière}) + H\,(\text{rayonnement}) + H\,(\text{interaction}).$$

Le terme d'interaction a pour valeur ici

$$H\,(\text{interaction}) = -\vec{P}\,\vec{E},$$

où $\vec{P}$ représente le moment électrique dipolaire de l'atome et $\vec{E}$ le champ électrique.

En représentant le champ électrique par une matrice de Heisenberg, Dirac a étudié par cette méthode le processus d'échange d'énergie entre l'atome et le champ de rayonnement et a pu montrer qu'effectivement celui-ci correspond à l'image intuitive d'absorption et d'émission de photons. Il a ainsi réussi à formuler les lois de probabilités qui régissent les divers processus de production et de disparition de lumière. Ceci rappelé, il faut considérer de même dans la théorie des désintégrations β un système qui se compose : 1) du noyau et 2) du champ de rayonnement du neutrino-électron. L'hamiltonien de notre problème aura pour expression de manière correspondante :

$$H = H\,(\text{noyau}) + H\,(\text{neutrino}) + H\,(\text{interaction}).$$

Il faudra, toutefois dans notre problème, contrairement à ce qui a lieu dans les processus lumineux, tenir compte de deux faits fondamentaux. Primo, deux particules sont produites simultanément dans un seul processus et par conséquent aussi bien la fonction d'onde de l'électron que celle du neutrino doivent apparaître dans l'hamiltonien précédent. Secondo, l'émission des deux particules change le caractère de la particule lourde, en transformant un neutron en un proton ou vice-versa.

En outre, les particules impliquées dans ces processus obéissent à la statistique de Fermi-Dirac et non pas comme les photons, à celle de Bose-Einstein. On se sert dans ce cas de la méthode de la seconde quantification introduite par Jordan et Wigner[28]. Dans cette méthode on décrit le champ d'ondes des électrons par une fonction d'onde Ψ_e, et le champ d'ondes du neutrino par la fonction d'onde Ψ_n où Ψ_e et Ψ_n sont des matrices dont les propriétés non commutatives expriment précisément le principe d'exclusion de Pauli.

Ceci posé, Fermi introduit un opérateur Q[29] correspondant à la transformation d'un neutron en un proton, et un autre opérateur Q* correspondant à la transformation inverse. Il admet pour l'interaction noyau-champs l'expression suivante :

$$H\,(\text{interaction}) = g(Q\psi_e\psi_n + Q^*\psi_e^*\psi_n^*)$$

Le premier terme correspond à la création d'un électron et d'un neutrino, liées à la transformation neutron — proton, le second terme, à l'absorption d'un électron et d'un neutrino, ou à l'émission d'un positron et d'un antineutrino liée à la transition proton — neutron. g est un facteur numérique mesurant l'intensité du couplage entre la particule lourde et les champs d'électrons-neutrinos (forces de Fermi).

Fermi obtient la formule suivante pour la probabilité d'émission d'un électron ou d'un positron ayant une énergie totale comprise entre W et W + dW et une énergie maximum W_0[30]

$$P(W)dW = \left[\frac{(2\pi)^3 g m^2 c}{(2\pi)^{1/2} h^3}\right]^2 |M|^2 F(Z,W)\,(W_0 - W)^2 \times \times (W^2 - 1)^{1/2}\,W dW.$$

La probabilité totale de la désintégration β s'obtient alors aisément en intégrant l'expression précédente dans tout l'intervalle d'énergie des électrons

$$\frac{\log 2}{\tau} = \int_0^{W_0} P(W)dW$$

où τ est la durée de vie du noyau émetteur. M est un élément de matrice renfermant les fonctions d'onde de la particule lourde et F(Z, W) est une fonction de Z (charge nucléaire) et de W.

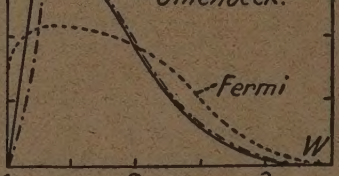

Fig. 6.

Si l'on admet l'interaction proposée par Fermi et que l'on compare entre elles la distribution théorique des vitesses des rayons β en fonction de l'énergie à laquelle cette interaction donne lieu et la distribution observée, on se rend clairement compte sur la figure 8, relative au RaE, que la

28. Cf, par exemple JORDAN : *Anschaulichc Quantentheorie*, en particulier, p. 214 et suiv.

29. $Q = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$; $Q^* = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$

30 Dans cette formule, l'unité d'énergie est mc^2, l'unité de temps : $\frac{2\pi mc^2}{h}$, l'unité de longueur : $\frac{h}{2\pi mc}$.

courbe expérimentale présente un maximum plus aigu et que le rapport de l'énergie correspondant au maximum à l'énergie limite est nettement plus petit d'après l'expérience que selon la théorie de Fermi. Ce désaccord a amené Konopinski et Uhlenbeck à modifier l'interaction de Fermi comme nous le verrons tout à l'heure. La formule de Konopinski-Uhlenbeck se rapproche davantage de la réalité comme le montre la même figure.

14. **Radioactivité β et forces nucléaires.** — Rappelons qu'en électrodynamique quantique l'interaction de Coulomb entre deux particules chargées n'est pas introduite en guise d'hypothèse particulière; chaque particule est supposée en seule interaction avec son propre champ électromagnétique. C'est uniquement parce que les deux particules se trouvent en interaction avec le champ ambiant qu'il se produit une interaction (celle de Coulomb, en l'espèce) entre celles-ci. L'interaction de Coulomb représente donc une seconde approximation valable pour les petites distances entre le champ et les diverses particules. Ainsi par exemple la force de Coulomb entre deux électrons (1) et (2) se déduit des probabilités d'émission et de réabsorption d'une onde électromagnétique longitudinale d'après le schéma de la figure 9 (cas statique limite).

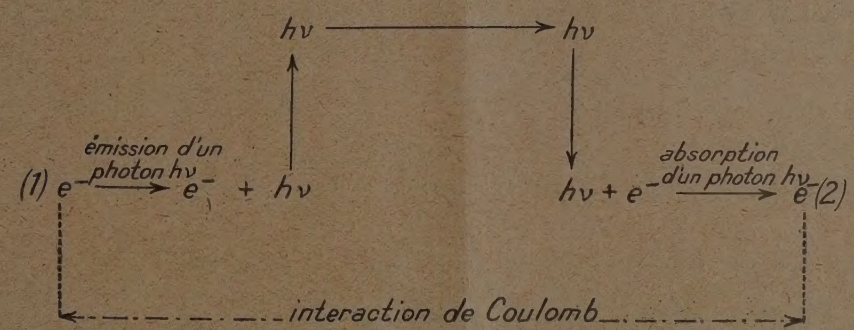

Fig. 9.

On admet actuellement un mécanisme analogue entre les champs introduits par Fermi et les forces nucléaires. De même que la loi de Coulomb est la conséquence de l'existence d'un champ électromagnétique (virtuel), de même l'interaction neutron-proton est supposée se déduire de l'existence d'un champ virtuel neutrons-électrons (champs et forces de Fermi).

Ainsi, si deux particules lourdes sont suffisamment éloignées l'une de l'autre on peut calculer par une méthode de perturbation le potentiel d'interaction nucléaire dû à l'existence des champs de Fermi. Il a pour valeur, d'après Tamm,

$$V = -\frac{g^2\left(\frac{h}{mc}\right)^{2s}\cdot(2s+2)!}{\pi^3 ch(2r)^{2s+5}},$$

la signification de s sera précisée plus loin. Pour $s=0$, on obtient un potentiel proportionnel à r^{-5}.

Dans le cas d'un proton et d'un neutron, le mécanisme d'interaction est le suivant: le proton émet un électron et un neutrino qui sont absorbés par le neutron. Du même coup le neutron et le proton ont échangé leurs positions puisque le neutron s'est transformé en un proton et le proton en un neutron. Ainsi les forces d'interaction neutron-proton telles qu'elles résultent de la théorie de l'émission β, présentent un caractère d'échange. Ceci est en accord avec nos conclusions précédentes (§ 4). On peut d'ailleurs dresser le tableau suivant (dû à Heisenberg) qui montre bien les diverses forces en jeu.

Particules élémentaires	Atome	Noyau	
	Noyau, électrons	Protons,	Neutrons
Particules émises lors des transitions entre divers états.	Photons	Electrons Positrons Neutrinos	Photons
Champ associé.	Champ de Maxwell	Champ de Fermi	Champ de Maxwell
Première approximation des forces d'interaction.	Forces de Coulomb	Forces d'échange	Forces de Coulomb

Cette hypothèse sur l'origine des forces d'interaction ne donne lieu, en première approximation qu'à des forces d'interaction entre neutron et

proton. En seconde approximation toutefois, des forces d'interaction entre particules lourdes de même espèce apparaissent d'après le mécanisme suivant :

1° Chacune des deux particules lourdes émet d'abord « virtuellement » un électron et un neutrino;

2° Chacune des deux particules lourdes absorbe ensuite les particules légères émises par l'autre particule lourde. On trouve ainsi également en accord avec nos conclusions précédentes, que les forces entre particules de même espèce sont du même ordre de grandeur que celles entre particules d'espèce différente. Pour deux neutrons (1) et (2) par exemple, l'interaction se fera suivant le schéma suivant (fig. 10) :

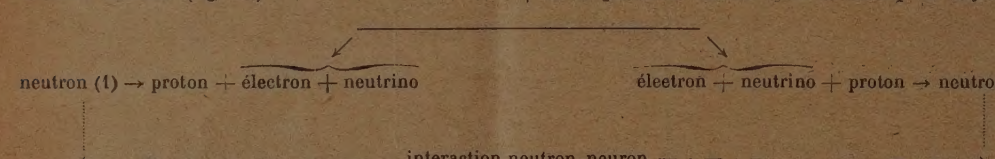

Fig. 10.

La loi primaire dont les forces nucléaires dépendent par voie de conséquence, résiderait donc dans l'énergie d'interaction qui donne lieu au rayonnement β. Le choix de Fermi pour l'énergie d'interaction entre les particules lourdes et les particules légères détermine ainsi complètement les forces qui s'exercent entre les particules lourdes. Or, l'ordre de grandeur de ces forces est connu. Les défauts de masse ainsi que les phénomènes de choc, en effet, nous donnent une mesure de ces forces d'interaction comme nous l'avons vu plus haut. On peut donc comparer les valeurs théoriques et expérimentales de ces forces. Or, cette comparaison montre que les valeurs théoriques sont trop petites et diffèrent des valeurs expérimentales par un facteur 10^{-12}, ce qui est inadmissible.

Pour remédier à ce défaut et aussi pour obtenir un meilleur accord entre la distribution théorique des vitesses des rayons β et la répartition expérimentale, on a proposé d'introduire des dérivées des fonctions d'onde des particules légères, en particulier celles des neutrinos, dans le terme d'interaction, sous la forme

$$\text{const. } \psi_N \psi_P \cdot \frac{\delta^\alpha \psi_o}{\delta \alpha t} \cdot \frac{\delta^\beta \psi_o}{\delta^\beta t}$$

(Ψ_N et Ψ_P fonctions d'ondes du neutron et du proton). Le choix de Fermi correspond à $\alpha = \beta = 0$. Si nous posons $s = \alpha + \beta$, l'expression proposée par Konopinski et Uhlenbeck [qui donne une bien meilleure concordance entre la théorie et l'expérience relatives au spectre des désintégrations β (voir plus haut)], correspond au cas $s = 1$ ($\alpha = 0$, $\beta = 1$). Heisenberg, dans un travail sur la production de gerbes, dues aux rayons cosmiques, a admis $s = 2$ et $s = 3$.

Faisons encore une dernière remarque à cette occasion. Si l'on suppose que les propriétés du proton sont décrites par l'équation relativiste de Dirac, on s'attendrait à ce que son moment magnétique soit $\frac{h}{4\pi}\frac{e}{m_p c}$ de même que le moment magnétique de l'électron est $\frac{he}{4\pi mc}$. Or, l'expérience de Frisch et Stern donne $2{,}9\ \frac{h}{4\pi}\frac{e}{m_p c}$. Ceci peut s'expliquer, d'après Wick, par l'interaction de la particule lourde avec le champ de rayonnement β qui donne lieu à un moment magnétique supplémentaire. La conclusion de l'étude de Wick est la suivante : le neutron et le proton auraient chacun des moments magnétiques *supplémentaires* qui sont opposés, et le moment magnétiques du deuton serait exactement un moment magnétique nucléaire. L'expérience montre que ce dernier est de $(0{,}85 \pm 0{,}03)\ \frac{h}{4\pi}\frac{e}{m_p c}$. L'accord est donc intéressant sinon tout à fait satisfaisant.

15. **La constante g de Fermi et la longueur nucléaire fondamentale.** — La constante g de Fermi est une nouvelle constante universelle dont la connexion avec les autres constantes atomiques nous échappe encore. On peut former à l'aide de g une autre constante ayant la dimension d'une longueur correspondant au rayon d'action des forces nucléaires r_o

$$r_o = \sqrt[5]{\frac{g}{hc} \cdot \left(\frac{h}{mc}\right)^3} \approx 10^{-13}\ \text{cm}$$

où $g = 10^{-50}$ gramme × cm³ (constante de Fermi), m = masse de l'électron.

Or, on sait que le rayon de l'électron est de l'ordre de grandeur de [31]

$$r_o \approx \frac{e^2}{mc^2}$$

31. Voici comment on arrive à cette expression. Si deux électrons animés chacun de la vitesse v à grande distance, se rapprochent l'un de l'autre suivant une ligne droite, au moment où leur distance est de l'ordre de grandeur de leurs rayons propres, la vitesse sera nulle et par suite aussi l'éner-

ce qui fournit $r_0 \simeq 10^{-13}$. On obtient de manière analogue pour le proton le rayon « électrique » (c'est-à-dire sans tenir compte des forces nucléaires) suivant :

$$r_p \approx \frac{e^2}{m_p c^2} \approx 10^{-16}\,\text{cm}.$$

Or, nous avons vu que le rayon du proton et du neutron si l'on tient compte de forces nucléaires non électriques, décisives en l'occurence, ressort également à $r_p \approx r_n \simeq 10^{-13}$ cm. Divers faits expérimentaux nous conduisent ainsi à une nouvelle longueur naturelle : $r_0 = 10^{-13}$ cm. Il n'est peut être pas interdit de penser que cette longueur fondamentale aura, pour la physique à venir, la même importance qu'ont actuellement les constantes c et h dans la physique relativiste et quantique.

En résumé, quelques fragmentaires et contradictoires que soient encore nos connaissances de la structure nucléaire et des forces d'interaction entre les divers constituants élémentaires, elles ont permis d'ouvrir de nouvelles voies aux recherches physiques et nous promettent une intelligence analytique à la fois plus pénétrante et plus précise de l'étrange et merveilleux monde des phénomènes nucléaires.

Théodore Kahan,
Docteur ès sciences.
(Institut Henri-Poincaré, Paris.)

---

gie cinétique; l'énergie totale est alors la somme de l'énergie au repos $2\,m_0c^2$ et de l'énergie potentielle $\frac{e^2}{r}$. Or en vertu du principe de la conservation de l'énergie, celle-ci doit être égale à l'énergie initiale qui est, d'après le théorème d'Enstein.

$$2\,mc^2 = \frac{2m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

par conséquent :

$$2m_0c^2 + \frac{e^2}{r} = \frac{2m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

d'où :

$$r = \frac{e^2}{2m_0c^2}\,\frac{1}{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1}$$

On voit donc en effet que le rayon effectif de l'électron est proportionnel à la quantité $\frac{e^2}{m_0c^2}$.

LES ESPACES GRANULAIRES QUASI-DISTANCIÉS, DU POINT DE VUE AXIOMATIQUE ET LEUR ADAPTATION POSSIBLE A LA PHYSIQUE

1. Le présent article s'inspire de rapprochements qui se présentent assez naturellement entre les conceptions axiomatiques de Mr. Eric Harold Neville, développées par ce géomètre en 1918 au tome XXXXII des Acta Mathematica (p. 63-93) et les vues auxquelles certains physiciens ont été conduits en poursuivant l'exploration du monde atomique. Ces vues, que nous exposerons plus loin (cf. n° 2) ont été préparées par les remarques suivantes :

« Ce que nous appelons connaître un objet, ou une suite d'événements (disons la chute d'un corps) a toujours impliqué jusqu'ici la formation d'une image ou d'une suite d'images, véritable cinématographie cérébrale qui peut être construite directement grâce à la rétine et aux organes du toucher, et qui plus généralement est au moins en partie construite après coup, et de manière à former un tout saisi dans son ensemble grâce à notre mémoire. Or, chacune de ces images présente un flou inévitable par le fait que le pouvoir séparateur de nos perceptions est et restera toujours limité. Nous pouvons nous comparer à l'artiste qui cherche à représenter des objets sur une tapisserie : il ne peut dessiner un détail plus petit que la maille de son canevas, et d'autre part, il ne peut dépasser le cadre fixé pour son tableau... Des remarques analogues s'appliquent aux sensations ou aux images qui font intervenir la durée ou le mouvement, en sorte qu'il en est pour nous du temps comme de l'espace. Trop rapides ou trop lents, les mouvements échappent à notre compréhension. Des difficultés plus profondes apparaissent, d'autre part, quand on cherche à décrire, selon une structure spatio-temporelle, des objets de plus en plus éloignés de notre perception directe, comme sont les molécules, les atomes et leurs constituants, électrons, noyaux et protons. La secousse est rude pour notre esprit qui ne savait comprendre que dans l'espace et dans le temps. Ce qui nous semblait logiquement nécessaire n'est plus qu'un anthropomorphisme puéril ».

2. Ces remarques ont été faites par M. Jean Perrin dans la préface de son ouvrage sur les *Éléments de la Physique*. On pourrait en rapprocher

beaucoup de réflexions, qui ont trouvé récemment leur place dans des publications s'attachant à préciser les conditions nouvelles imposées à la recherche expérimentale. Dans l'une d'elles, c'est un chimiste, M. Paul Renaud, qui s'est proposé de systématiser les idées précédentes en introduisant ce qu'il appelle des *cellules de connaissance*.

« Supposons, écrit cet auteur, un solitaire observant un tableau lui fournissant des sensations immuables, j'entends par là que le tableau est fixe ainsi que la tête de l'observateur par rapport à lui. Il y observe des points qui lui donnent des sensations différentes en position et qu'il peut discerner. Il aura donc intérêt à définir certains points comme distincts. Par contre, dans l'ensemble des points géométriques qu'il peut faire correspondre au tableau, il y en a qui sont suffisamment proches pour qu'il ne puisse, dans les conditions où il est, les discerner en position. Ainsi, l'observateur a intérêt, pour classer ses perceptions, à considérer des points distincts et des points non discernables. J'appellerai *cellule de connaissance* un ensemble de points géométriques non discernables entre eux, quel que soit le couple considéré. Dans cette expérience, il y aura intérêt à les regarder comme expérimentalement identiques. Un couple de points discernables peut être envisagé comme appartenant à des cellules distinctes, l'observateur a intérêt à les considérer comme différents[1] ».

3. Voilà bien une de ces notions auxquelles l'esprit était complètement étranger, il y a seulement quelque dix années. Depuis, les choses ont fort évolué. A la suite des avatars récents de la notion d'*objet*, il faut bien chercher à sortir des formules de la science classique, à rompre avec ces objets extérieurs dont les propriétés seraient intangibles. Selon M. Paul Langevin, la nature des objets diffère profondément suivant les domaines de la science, et il est délicat d'acclimater, dans des régions nouvelles de la recherche scientifique, des notions qui proviennent d'autres contrées, où règnent des climats différents. On pourra donc trouver naturel, avec M. Jean Mariani, de reléguer la notion d'objet au rang d'une image, d'une représentation que nous adoptons ou non, suivant les cas. Tel physicien parlera du corpuscule là où tel autre préfère invoquer le schème ondulatoire. Je n'ai pas l'intention ici d'analyser plus en détail la substantielle préface où M. Léon Brillouin a récemment marqué sa sympathique attention aux idées de M. Mariani[2]. J'ai seulement voulu noter l'intérêt qu'on éprouve à rapprocher les thèmes ci-dessus, vu la place qu'ils accordent les uns et les autres à la subjectivité de l'observateur.

4. Il serait d'ailleurs imprudent de faire plus que rassembler, il serait même dangereux de vouloir établir une synthèse prématurée qui réunirait en les situant toutes les réflexions précédentes. Moins ambitieux et plus instructif est-il de rechercher, parmi les travaux mathématiques récents, quelques-uns de ceux dont les principes se concilient avec des idées voisines de celles qui viennent d'être rappelées. Je ne veux retenir ici que l'idée de M. P. Renaud et je ne solliciterai l'attention que vers un seul mémoire qui me paraît particulièrement typique : c'est le travail de Mr. Eric Harold Neville que j'ai annoncé dès le début du présent article.

Les préoccupations du géomètre anglais s'attachent exclusivement à préciser la notion de dimension, et par son intermédiaire, celles de courbe et de surface. Les prémisses introduites par lui en vue de cette recherche aboutissent à mettre en œuvre un type d'espace abstrait plus général que celui des espaces distanciés, et pour lequel on pourrait adopter la dénomination d'*espace quasi-distancié*. Cet espace sera dit en outre *granulaire*, pour une raison qui nous apparaîtra dans un instant.

5. Rappelons d'abord ce qu'est un *espace distancié*. Il s'agit d'une collection d'éléments, dont la nature nous indiffère : toutefois nous sera-t-il souvent commode, accomplissant un acte purement verbal, de donner à chacun de ces éléments le nom de *point*. L'hypothèse que notre collection est *distanciée* s'exprime par le fait qu'en y prélevant deux éléments distincts x et y, on peut leur faire correspondre un nombre non négatif, appelé leur *distance* et représenté par (x, y), en se conformant aux conditions suivantes :

1° On a $(x, y) = (y, x)$;

2° La valeur commune de ces deux symboles est nulle lorsque x et y coïncident, sinon elle est positive;

3° Si l'on considère à la fois trois éléments x, y, z, leurs distances mutuelles satisfont à l'inégalité du triangle

$$(x, y) \leq (y, x) + (z, y)$$ [3]

Considérons une collection distanciée de points; prélevons-y un certain ensemble E de ces points. Un point a de la collection initiale sera dit *point d'accumulation* de points de E s'il lui correspond au moins une suite indéfinie de points de E, points dont les distances au point a tendent vers zéro.

1. P. RENAUD : Structure de la pensée et définitions expérimentales. *Act.* Hermann, fasc. 173, p. 15.

2. Jean MARIANI : Les limites des notions d'objet et d'objectivité. *Act.* Hermann, fasc. n° 519.

3. Cf. Maurice FRÉCHET : Les espaces abstraits. Gauthier-Villars, 1928, p. 62.

Dans toute collection distanciée d'éléments regardés comme des points, nous pouvons reconnaître un point d'accumulation de tel sous-ensemble : de là, suivant une route maintenant classique, nous pourrons tirer la fermeture de chaque ensemble partiel de la collection; celle-ci sera donc élevée à la dignité d'*espace*, au sens moderne de ce terme. Et relativement à cet espace, nous pourrons parler de points intérieurs d'un ensemble, d'ensembles ouverts, d'ensembles fermés, de points frontières, etc. Les relations permanentes entre ces diverses notions forment, comme on le dit couramment, la topologie des espaces distanciés les plus généraux.

6. Initions-nous maintenant, en suivant M. le Prof. Eric Neville, aux premiers éléments de la topologie des espaces quasi-distanciés, en nous réservant d'indiquer ensuite ses aspects susceptibles de retenir l'attention des physiciens plus ou moins subjectivistes. Tout spécialement, nous y trouverons une notion s'apparentant aux vues qui ont guidé M. Paul Renaud vers la considération des cellules de connaissance. Comme précédemment, à chaque couple x, y d'éléments de la collection qui sera dite quasi-distanciée, nous attacherons un nombre xy non négatif et indépendant de l'ordre de ces éléments : le nombre ainsi considéré sera dit le *nombre séparatif* de x et y. La condition 1° de la théorie ci-dessus subsiste donc. En revanche, nous allons modifier les deux autres.

De la condition 2°, nous laisserons subsister le fait que si deux points x, y coïncident, leur nombre séparatif est nul; mais en revanche, nous admettrons que deux points ne sont pas nécessairement identiques, du fait que s'annule leur nombre séparatif.

Voici maintenant la condition qui va remplacer la condition 3°. Prenons la classe $\{\rho\}$ des nombres réels non négatifs tels que pour chaque groupe de trois points x, y, z, les inégalités

$$xy \leq \rho \qquad yz \leq \rho$$

entraînent l'inégalité

$$xz \leq xy + yz.$$

Notre nouvelle prémisse consiste en l'affirmation que cette classe $\{\rho\}$ va contenir des termes non nuls. Avec chaque nombre positif en faisant partie, la classe contiendra donc tous les nombres positifs moindres. Il suit de là que si le nombre séparatif yz est nul, les nombres séparatifs xz et xy seront égaux sous réserve que xy soit suffisamment petit. L'auteur du mémoire supprime cette réserve en l'adjoignant, à titre de nouveau postulat, à l'axiomatique des espaces appelés ici quasi-distanciés : il est donc convenu que si yz est nul, pour chaque point x, on a pour xz et xy des valeurs égales.

Tout espace distancié satisfait aux conditions qui caractérisent un espace quasi-distancié, mais la classe des espaces quasi-distanciés n'est pas immédiatement réductible à celle des espaces distanciés.

7. Examinons quelques aspects de la géométrie du Professeur Neuville. En même temps que chaque point de l'espace, il y a lieu d'envisager le système de tous ceux qui en sont à distance nulle. Un pareil ensemble se désigne en anglais par « unit ». C'est ce, qu'en français, nous appellerons un *grain*. C'est l'existence possible de grains qui nous fait dire que l'espace est *granulaire*.

La considération des grains pourra s'appliquer, aussi bien qu'à l'espace, à chaque ensemble partiel qu'on y peut prélever. Cela posé, étant donné un ensemble, il est possible et de diverses manières, de lui attacher :

1° D'une part un ensemble où, dans chaque grain du premier, l'on ne conservera plus qu'un seul point;

2° D'autre part un ensemble, où chaque grain de l'ensemble initial s'enrichira jusqu'à devenir le grain d'espace qui le contient.

Ainsi s'introduisent deux types d'opérations dont le premier (lié à l'axiome de choix de Zermelo) est une *réduction* de l'ensemble, tandis que le second en est l'*expansion*.

Par *voisinage* (neighbourhood) de x avec le rayon ρ, on entend la collection des points dont chacun donne avec x un nombre séparatif moindre que ρ. Le caractère du voisinage dépend de la nature de l'espace. Par exemple, si les nombres séparatifs de x avec les points extérieurs au grain contenant x ont une borne inférieure non nulle, alors le voisinage de x pour chaque rayon moindre que cette borne n'est autre que le grain en question (et ainsi pour tout point de ce grain).

8. La définition du *point d'accumulation* (limiting point) prend aussi une forme nouvelle, adaptée au cadre précédent. Un point x est dit point d'accumulation d'un ensemble E, si en dehors du grain de x et dans chaque voisinage arbitrairement resserré de x, on peut trouver au moins un point de E. Notons que tout ensemble ayant un point d'accumulation contient une infinité de grains. Voilà une forme d'énoncé qui fait bien juger de l'influence des prémisses adoptées par le Professeur Neville. La réciproque serait d'ailleurs inexacte [4].

4. Ce que montre l'exemple d'un espace distancié qui ne serait pas compact en soi.

Les espaces auxquels il est permis de l'appliquer forment une catégorie spéciale.

Les points d'accumulation d'un ensemble E forment par définition le *dérivé* E' de cet ensemble. Les points appartenant à l'ensemble E mais non à E' constituent, pour le géomètre anglais, l'*adhérence* de E, ceux qui sont communs à E et à E' forment la *cohérence* de E. Les points de E qui sont points d'accumulation du complémentaire de E forment la *lisière* (edge) de E, et les points d'un ensemble étrangers à sa lisière en sont les points intérieurs. La réunion des lisières de E et du complémentaire de E constitue la *frontière* (boundary) de cet ensemble.

Signalons encore que l'expansion du dérivé d'un ensemble redonne, en vertu des définitions adoptées, ce dérivé lui-même.

Dans un esprit voisin de celui qui fait définir la fermeture, le géomètre anglais introduit encore deux opérations :

1° L'*extension* d'un ensemble, c'est-à-dire le fait de lui adjoindre une certaine collection de ses points d'accumulation;

2° La *complétion* de cet ensemble, qui n'est autre que l'extension poussée à saturation.

Compléter un ensemble, c'est encore lui adjoindre en totalité la lisière de son complémentaire. La notion de complétion est la transposition fidèle de celle de fermeture. On l'utilisera comme d'habitude pour définir soit un ensemble *dense* (en soi), soit un ensemble *parfait*.

9. Deux ensembles seront dits *inséparables* si par complétion et expansion, ils fournissent deux ensembles ayant au moins un point commun. L'impossibilité, pour un ensemble E, d'en trouver une décomposition effective en deux ensembles inséparables, vaut à E la dénomination de *congrégat*. On dit que E est *connectif* (connected) si toute décomposition effective de E en deux ensembles complémentaires est telle que l'un de ceux-ci contienne un point d'accumulation de l'autre. Chaque ensemble connectif est un congrégat, mais la réciproque n'est vraie dans tous les cas que pour un congrégat saturé quant à la complétion. On peut établir qu'un ensemble connectif contenant un point d'un ensemble E et un point étranger à E contient au moins un point de la frontière de E.

Nous dirons qu'un ensemble est fermé si d'une part, chaque suite de points provenant chacun d'un grain, grains dont l'ensemble est infini, admet un point d'accumulation au moins, d'autre part si cet ensemble est saturé quant à la complétion [5].

Un ensemble unitaire (united set) [6] est celui dont chaque couple de points se trouve dans un congrégat fermé lui-même inclus dans l'expansion de l'ensemble initial. On peut montrer que chaque congrégat fermé est unitaire.

10. Voici quelques exemples. Imaginons dans le plan euclidien réduit et laissé à sa métrique ordinaire une circonférence dont on enlève soit un seul point v, soit deux points v, w. La circonférence entière, la circonférence privée du point v, la circonférence privée de v et de w sont trois congrégats. Le premier seul est saturé quant à la complétion. Le second est encore un ensemble unitaire, propriété que n'a pas le troisième. Au lieu de la circonférence, soit une lemniscate (figure en 8); l'ablation d'un point quelconque laisse subsister un congrégat; si ce point est autre que le nœud ou si la courbe est regardée comme possédant au nœud deux points distincts (éléments d'un même grain qui n'est donc plus réduit), dont un seul est enlevé, notre ablation nous laisse en face d'un ensemble unitaire; mais si l'on enlève le nœud, regardé comme un point unique (ou si tous les points à distance nulle du nœud sont enlevés), on se trouve en face de deux ensembles distincts dont chacun est unitaire (par opposition à leur réunion) [7].

11. Un ensemble unitaire formé de plus d'un grain (multiple united set) est nécessairement connectif. Mais la réciproque n'est pas vraie.

De la notion *ensemble connectif* (connected set) il faut distinguer *ensemble connexe* (connex set) : dans la terminologie du géomètre anglais, cette catégorie n'est autre que celle des ensembles bien enchaînés au sens de Cantor. Un congrégat est toujours connexe, sans que la réciproque soit vraie [8].

Faisons quelques remarques. Chaque grain d'espace est un ensemble unitaire. Chaque congrégat à plus d'un grain est dense, mais un grain n'est pas dense. Il est bon de réserver une épithète pour un ensemble unitaire comportant plus d'un grain : on le désigne par *continu* (continuous set). Un continu saturé quant à la complétion sera dit *continuum*.

12. Pour le Professeur Neville, une *cellule* (cell) d'un ensemble se définit en partant d'un de ses points et considérant avec lui tous ceux qui se trouvent en même temps que lui en un congrégat fermé, lequel soit inclus dans l'ensemble étudié.

5. Je préfère utiliser cette périphrase : sinon, il faudrait parler, à l'exemple de l'auteur, d'un ensemble complet, ce qui a un tout autre sens dans la terminologie courante (sens attaché au critère de convergence de Cauchy).

6. C'est pour marquer une nuance indispensable que nous avons précédemment traduit *unit* (qu'il faut bien distinguer de united set) par *grain*.

7. Il est clair que, dans un espace distancié, on ne pourrait recourir à cet artifice de dédoublement.

8. Comme le montre l'exemple obtenu en considérant une branche d'hyperbole et l'une de ses asymptotes.

Chaque cellule d'un ensemble est un ensemble unitaire prélevé sur le premier, deux cellules n'ont pas de point commun, et chaque point de l'ensemble étudié fait partie d'une cellule. Ainsi, chaque ensemble apparaît comme somme d'ensembles disjoints. Un cercle privé de deux grains, une figure en 8 privée de son nœud, une hyperbole, l'ensemble complémentaire d'une droite sont des ensembles du plan euclidien possédant deux cellules.

Chaque cellule ou bien se compose d'un seul grain, ou bien est un continu. Un ensemble dont chaque cellule est un continu est dit *continu dans chaque partie* (continuous in every part) : cela n'implique, ni le fait d'être continu dans l'ensemble, ni le fait d'être saturé quant à la complétion, ni le fait d'existence d'un point d'accumulation pour des points provenant d'une infinité de grains. Mais un ensemble continu dans chaque partie est nécessairement dense.

Comme dans les espaces distanciés, on peut ici, partant d'un ensemble, en déduire un second, qui en soit le voisinage ρ : il contient les points susceptibles d'être attachés à un point de l'ensemble initial en donnant un nombre séparatif moindre que ρ. Le passage du premier ensemble au second est donc encore ce que j'ai appelé dans mes propres travaux la construction de Cantor-Minkowski (construction C. M.). La cellule du voisinage ρ d'un ensemble contenant le point x de cet ensemble sera dite le *plot* du point x pour le rayon ρ.

13. Il nous faut encore, pour atteindre la notion de courbe ou de variété à un certain nombre entier de dimensions, construire des définitions concernant les propriétés d'un ensemble E envisagées relativement à un second ensemble G. Soit EG leur intersection. Nous dirons que x est *point d'accumulation de* E restreint par G (confined limiting point) si, hors du grain de E contenant x, il existe un point de E dans chaque plot de G pour le point x et pour un rayon arbitrairement petit. On en déduit la notion du *dérivé* restreint (confined derivative), soit E'_G ou indifféremment $(EG)'_G$; et d'autres notions que nous symboliserons à l'aide de la notation d'intersection (assimilée à celle d'un produit) :

rive (brink) de E dans G = EG (compl. E)'G

bord (border) de E dans G = rive de E dans G + rive de (compl. E) dans G.

Si G est l'espace où l'on considère E, on obtient en particulier la *rive absolue*, le *bord absolu*. La rive absolue est contenue dans la lisière, le bord absolu dans la frontière.

Si un ensemble unitaire contenu dans un ensemble G, mais non dans un grain isolé de G, contient d'une part un point de E, d'autre part un point du complémentaire de E, on démontre que cet ensemble unitaire contient au moins un point du bord de E dans G [9]. Chaque fois que le bord d'un ensemble diffère de sa frontière, cette proposition prend un intérêt spécial.

Le bord d'un ensemble E dans un ensemble G et le bord de son bord (dans G) ne sont pas nécessairement identiques : le second de ces ensembles sera dit le *front* de E dans G. Ce front relatif fera place à un front absolu si G devient l'espace où l'on considère l'ensemble E.

Il y a coïncidence du front et du bord pour chaque ensemble saturé quant à la complétion.

Un ensemble non vide prend le nom de *domaine* lorsque son expansion n'a pas de rive. Un ensemble non vide est un domaine saturé quant à l'expansion si son bord est contenu dans l'ensemble complémentaire; inversement, un ensemble non vide saturé quant à l'expansion est un domaine si son complément est saturé quant à la complétion.

14. Cette dernière notion n'a d'ailleurs pour nous qu'un rôle accessoire et nous arrivons maintenant à l'objectif principal :

Définir une courbe, une surface, et par récurrence, une variété à n dimensions.

Un ensemble C non réduit à un grain, est une *courbe*, s'il est unitaire et si chaque cellule (existante) du front (dans C) de chaque sous-ensemble de C se réduit à un grain.

Un ensemble S qui ne se réduit ni à un grain, ni à une courbe, est une surface s'il est unitaire et si chaque cellule (existante) du front (dans S) de chaque sous-ensemble de S se réduit à un point ou à une courbe.

La succession de ces deux définitions nous fait apercevoir l'amorce d'un processus récurrent qu'il suffit de poursuivre pour s'élever aux variétés d'ordre plus élevé.

15. Je ne pousserai pas plus loin l'analyse du mémoire de Mr. Eric Harold Neville. En la donnant ici, j'ai pu combler une lacune à mon récent ouvrage : *les définitions modernes de la dimension* [10]. D'autre part, j'ai cru intéressant d'attirer l'attention sur certaines possibilités qui s'offrent dans le choix du matériel spatial pour qui cherche notamment à l'adapter aux vues des physiciens cités au

9. Etant donné deux ensembles E et G, soit un ensemble K tel qu'aucun point de E ou de G n'appartienne à K, mais tel que chaque ensemble unitaire contenant un point de E et un point de G contienne un point de K. On peut dire alors que K établit une *coupure* (partition) entre E et G. S'il n'y a pas possibilité de trouver un ensemble K établissant une coupure entre E et G, on dira que ces deux ensemble se pénètrent, ou qu'il y a *pénétration* (permeation) de ces deux ensembles.

10. *Act. Scient.* Hermann, fasc. 274, 1935.

début de cet article. D'une manière précise, les grains d'un espace quasi-distancié s'apparentent aux cellules de connaissance de M. Paul Renaud [11]. Seulement, faudrait-il voir où cela peut mener. Nous sommes ici en face d'une analogie, et il reste à savoir si quelque construction peut s'en trouver facilitée.

Pour se fortifier le jugement en pareille matière, il est bon de se remémorer des cas où la spatialisation a réussi, dans toute la force du terme. En terminant, j'en rappellerai deux exemples : l'un est celui de la théorie einsteinienne de la gravitation, où ce phénomène a été adapté au cadre d'un espace temps riemannien. Quant à l'autre, c'est l'application d'une spatialisation, intervenant fort à propos dans le champ de la géométrie elle-même : par cette spatialisation, M. O. Nikodym a retrouvé, après M. S. Zaremba l'existence et l'unicité d'un certain champ de gradients (celui qui dérive d'une fonction harmonique) soumis à des conditions ramenant, soit au problème de Dirichlet, soit au problème de Neumann : comme l'a montré M. O. Nikodyn cette existence et cette unicité équivalent à l'existence et à l'unicité de la perpendiculaire abaissée d'un point sur une variété linéaire dans un espace de Hilbert [13].

On juge par là des conditions de bonne adaptation d'un espace auxiliaire et l'on comprend mieux la plus ou moins grande opportunité de telle ou telle tentative. Mais la Science ne s'élabore pas d'un seul coup, et c'est pourquoi j'ai cru devoir faire connaître le mémoire anglais, qui à l'exemple des études récentes sur les espaces de Linfield, apparaît riche en questions pouvant intéresser à la fois physiciens et géomètres .

16. En terminant, je voudrais montrer que l'Analyse mathématique, dans certains de ses domaines aujourd'hui bien étudiés, pourrait tirer parti de la considération des espaces granulaires. Considérons la classe des fonctions réelles, définies en chaque point de l'intervalle (0,1) de l'axe réel et dont chacune réponde à la condition d'être de *carré sommable*.

On déduit de propositions connues (théorèmes de Fischer-Riesz et de Parseval) qu'on peut appliquer cette classe de fonctions sur l'espace d'Hilbert, deux fonctions ayant dans cet espace un même point image toutes les fois que s'annule l'intégrale du carré de leur différence dans l'intervalle (0,1) (laquelle joue ici le rôle de nombre séparatif ou même de distance). Mais deux fonctions donnant lieu à un même point image ne sont pas nécessairement égales pour chaque valeur de la variable : elles peuvent différer pour des valeurs appartenant à un ensemble de mesure nulle. Autrement dit, si l'on désire faire correspondre à des fonctions distinctes en quelque point de l'intervalle (0,1) des points distincts, nous seront conduits, tout en conservant à l'espace d'Hilbert sa métrique, à le granuler, chaque grain étant formé de fonctions dont les différences deux à deux conduisent à des intégrales nulles [13].

Partant d'un espace distancié à caractère purement ponctuel, on pourra donc parfois avoir intérêt à considérer un espace granulaire de même métrique.

D'autres idées se présentent aux chercheurs qui voudraient approfondir l'étude de pareilles questions. On peut concevoir qu'utilisant des nombres non archimédiens, on prenne le parti de distancier les divers grains, la distance de deux points à l'intérieur d'un même grain étant un infiniment petit actuel en regard de la distance de deux grains distincts. On pourrait également s'abstraire de tout distanciement et, en considérant à la fois des points et des grains, bâtir des espaces à voisinages, plus complexes que ceux étudiés jusqu'ici, en opérant simultanément des expansions et des complétions. A cet égard, le mémoire étudié s'offre comme un schème bien établi qui paraît réserver des possibilités diverses d'adaptation à certaines questions mathématiques ou physiques.

Georges Bouligand,
Professeur à l'Université de Poitiers.

P. S. — Je remercie M. le Prof. E. H. Neville qui a bien voulu relire les épreuves de cet article et qui m'a suggéré la terminologie donnée au premier alinéa du n° 13 (traduction du qualificatif « confined » au moyen de *restreint par*). Je m'accorde avec lui à reconnaître l'avantage qu'il y aurait à donner une traduction expressive du terme « plot », que j'ai reproduit purement et simplement à la fin du n° 12 et au début du n° 13, faute d'avoir rencontré un mot satisfaisant.

G. B.

11. Par contre, il faut se garder d'identifier avec ces dernières les cellules ou *cells*, dans la terminologie du géomètre anglais.

12. O. NIKODYM : Sur un théorème de M. S. Zaremba (*Journ. de Math.*, 9, t. XII, 1933. pp. 95-108).

13. Inversement, une réduction ramènerait à l'espace d'Hilbert. Rappelons que l'axiome de Zermelo y jouerait un rôle capital.

LE ROLE DU CHONDRIOME DANS LA RESPIRATION

Les études cytologiques ont démontré l'existence, dans les cellules les plus diverses du règne animal et du règne végétal de formations constituées, en général par de fines baguettes, des granules ou des chaînettes de granules. Ces formations, les chondriosomes, présentent des caractères morphologiques et chimiques d'une assez grande uniformité; leur ensemble, dans une cellule forme le chondriome, il est considéré comme un constituant essentiel du cytoplasme de toute cellule vivante.

Un élément dont la présence est aussi constante joue-t-il un rôle dans la vie de la cellule et quel est ce rôle ? Sur ce sujet les avis sont très divers. Si des auteurs ont décrit la participation directe des mitochondries, ou chondriome, à la genèse de certains éléments du cytoplasme, d'autres conçoivent une participation indirecte et d'autres, enfin, ne voient aucune preuve de l'intervention du chondriome dans la vie cellulaire.

L'interprétation des résultats apportés par nos recherches sur les Sporozoaires, d'une part, et sur le glutathion, d'autre part, nous avait permis de formuler, en 1927, la proposition suivante : « Le chondriome joue un rôle dans le métabolisme cellulaire, il est le siège des catalyses d'oxydo-réductions. »

Depuis cette époque, nous avons, au cours de ces dix dernières années, essayé d'apporter des précisions sur la proposition formulée ci-dessus. Nous voudrions montrer comment ces précisions ont abouti à des conclusions fermes en ce qui concerne le rôle du chondriome dans la respiration.

Les recherches faites comprennent quatre catégories d'études : 1° La mise en évidence, par diverses méthodes, du pouvoir d'oxydo-réduction du chondriome. 2° L'appréciation de la puissance de catalyse d'oxydation du chondriome. 3° La démonstration expérimentale du rôle du chondriome dans la respiration. 4° La recherche des constituants du chondriome auxquels on peut attribuer le pouvoir de catalyse.

I. — La mise en évidence du pouvoir oxydo-réducteur du chondriome.

Les résultats de divers travaux se trouvent en accord avec la possibilité d'une intervention du chondriome dans les phénomènes d'oxydation, mais pour des raisons diverses.

Mayer, Rathery et Schaeffer (1913), dans leurs recherches sur la cellule hépatique, ont démontré l'existence d'un élément lipoïde dans la constitution des mitochondries. De cette qualité chimique, les auteurs ont déduit l'hypothèse de travail suivante : « Les mitochondries sont un support et un lieu des phénomènes d'oxydation ».

Les travaux de Bach et Chodat (1902, 1903), ceux de Chodat et Rouge (1922), les recherches de Marinesco (1921-1926) montrent que, dans certaines cellules, la réaction des oxydases ou des peroxydases se manifeste au niveau des éléments du chondriome. Des recherches de Prenant (1921-1926), Hollande (1924), Mangenot (1928), tant sur la spécificité des réactions oxydasiques que sur la localisation des diastases, il résulte que si la présence des oxydases et des peroxydases sur le chondriome a pu être constatée dans certaines cellules, elle ne constitue pas, cependant, un phénomène général, ni une propriété fondamentale du chondriome. Les études sur les diastases oxydantes (oxydases et peroxydases) apportent donc des indications très précieuses sur la possibilité d'un pouvoir oxydant du chondriome, sans, toutefois, constituer la base d'une conception générale sur le rôle du chondriome dans les oxydations cellulaires.

Joyet-Lavergne (1927), ayant mis en évidence la présence du glutathion sur les chondriosomes des types cellulaires les plus divers du règne animal et du règne végétal conclut de ses recherches que le chondriome peut, grâce à son constituant glutathion, jouer le rôle d'un catalyseur d'oxydo-réduction.

Les trois conceptions que nous venons d'exposer, sur le pouvoir oxydant du chondriome, se rattachent à la présence, sur ce chondriome, d'un constituant qui, par ses qualités chimiques, se trouverait capable de jouer le rôle d'un oxydant ou d'un oxydo-réducteur. Ce constituant serait, suivant la conception envisagée, soit un lipoïde, soit une diastase, soit le glutathion. Quelle que soit d'ailleurs la conception envisagée nous sommes seulement en présence d'hypothèses de travail car le mécanisme intime suivant lequel s'accomplirait l'intervention du chondriome et le rôle précis d'une semblable intervention dans ce qui constitue le problème fondamental de l'acte respiratoire cellulaire (réalisation d'oxydations dans conditions très différentes de celles de nos laboratoires) ne sont pas étudiés.

Il faut noter, en outre, qu'aucune démonstration générale directe du pouvoir oxydant ou du pouvoir oxydo-réducteur du chondriome n'est apportée par les diverses conceptions que nous venons d'examiner, or, c'est par la recherche d'une semblable démonstration qu'il convient d'a-

border le problème posé, si on veut pouvoir l'envisager dans toute sa généralité. La poursuite de nos recherches s'est donc trouvée naturellement orientée dans cette voie.

Nous avons cherché à mettre en évidence le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome par des méthodes directes, indépendamment de toute hypothèse sur le facteur constituant du chondriome responsable de ce pouvoir. A cet effet, nous avons essayé de localiser, dans la cellule vivante, les phénomènes d'oxydation ou de réduction. Le principe des méthodes est le suivant : on laisse pénétrer dans la cellule vivante, dans des conditions aussi rapprochées que possible de la vie normale, des réactifs qui peuvent changer de couleur, les uns par oxydation, les autres par réduction ; l'observation microscopique montre, par l'apparition du changement de couleur dans la cellule, des zones d'oxydation ou des zones de réduction, suivant la catégorie des réactifs utilisés.

La détermination des zones d'oxydation et des zones de réduction de chaque type cellulaire étudié a été faite par plusieurs méthodes. Certains réactifs se montrent parfois plus particulièrement favorables à l'étude de certaines cellules. Le détail des diverses expériences faites se trouve dans les publications mentionnées à la bibliographie.

Les travaux de 1927 à 1929 portent sur l'étude de l'oxydation et de la réduction.

Les réactifs utilisés pour la mise en évidence des zones d'oxydation sont les suivants : l'une ou l'autre des quatre solutions aqueuses des substances ci-dessous : acide pyrogallique, métol, hydroquinone, diamidophénol ; ou une solution aqueuse à base de formol, sulfite de sodium et hydroquinone ; ou encore des solutions alcooliques de paraphénylènediamine ou de métoquinone. Les types cellulaires étudiés sont très divers. Dans le règne animal, des cellules hépatiques, des cellules épithéliales, trois espèces de Grégarines aux divers stades de leur évolution. Pour le règne végétal, des cellules épidermiques de pétales, des grains de pollen, des filaments végétatifs de Champignons.

Dans tous les cas, les résultats obtenus sont concordants. Chacun des réactifs utilisés pour un type cellulaire, après sa pénétration dans la cellule, s'oxyde au niveau des chondriosomes et cette oxydation est marquée par l'apparition d'une coloration sur le chondriome.

Les réactifs utilisés pour la mise en évidence des zones de réduction sont l'une ou l'autre des solutions aqueuses des substances suivantes : chlorure d'or, azotate d'argent, acide chromique, acide picrique, permanganate de potassium ; ou encore la solution alcoolique de m-dinitrobenzol. Les types cellulaires étudiés sont des cellules épithéliales d'intestin de Vertébrés, de sporadins de Grégarines aux divers stades de leur croissance, des filaments de Champignons. Les résultats obtenus sont concordants ; c'est toujours sur les chondriosomes que le réactif utilisé se trouve réduit après sa pénétration dans la cellule étudiée.

Etant donnée la variété des types étudiés, la conclusion qui se dégage de ces premières recherches est la suivante. Le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome est une qualité très générale de ce constituant cytoplasmique.

Les recherches postérieures à 1929 ont pour objet la mise en évidence, dans la cellule vivante, des zones présentant un pouvoir d'oxydation, mais, cela, par des procédés plus délicats que ceux utilisés antérieurement, procédés qui vont nous apporter des précisions nouvelles. Les réactifs employés sont les leucodérivés de substances colorantes. Le réactif pénètre incolore dans la cellule, il est alors transformé en une substance colorée dans les zones de la cellule qui possèdent un pouvoir oxydant suffisant.

Les réactifs les plus fréquemment utilisés sont les leucodérivés des substances suivantes : bleu de crésyl, bleu de méthylène, bleu de Nil, bleu de méthyle, bleu coton, bleu de toluidine, vert Janus, vert lumière, vert de méthyle, rouge neutre, fuchsine basiqué. Les types cellulaires étudiés sont très différents les uns des autres : cellules de glandes salivaires d'Insecte, trois espèces de Grégarines, des cellules de pétales, de feuilles, de bourgeons, les cellules végétatives et reproductrices de six espèces de Champignons appartenant à des familles diverses.

Sur chaque type cellulaire, l'action de chacun des réactifs utilisés apporte la même conclusion : le leucodérivé pénètre incolore dans la cellule et se colore au niveau des éléments du chondriome.

La méthode des leucodérivés présente l'avantage de démontrer très nettement que le pouvoir oxydant du chondriome est une qualité de la cellule *vivante*. Le matériel le plus favorable à cet effet est la Grégarine *Steinina ovalis*. Les sporadins de cette espèce ne semblent pas encore gênés dans leurs mouvements entre lame et lamelle, alors que tous les éléments de leur chondriome se trouvent colorés en bleu par la réoxydation du leucodérivé du bleu de Nil et que, déjà, l'apparition d'une coloration au niveau du nucléole confirme l'existence, dans cet élément cellulaire, d'un pouvoir oxydant que nous avons déjà observé par d'autres méthodes.

Ainsi, les diverses catégories de recherches apportent la même conclusion. Le pouvoir oxydant

du chondriome est une qualité très générale de ce constituant cellulaire.

Une autre question se pose; ce pouvoir est-il une qualité fondamentale du chondriome? C'est-à-dire, cette qualité persiste-t-elle malgré les diverses modifications morphologiques et physiologiques de la vie cellulaire?

Pour répondre à cette question nous avons étudié les diverses étapes de l'évolution de deux espèces: *Gregarina cuneata* et *Steinina ovalis*. Or, dans les diverses phases de la vie de l'un et l'autre de ces deux organismes, malgré les grandes modifications morphologiques et les variations profondes des conditions physiologiques intracellulaires qui sont liées à la croissance et aux diverses manifestations de la sexualité, le pouvoir oxydant du chondriome est toujours conservé.

Il résulte de cet ensemble de faits que le pouvoir oxydant est à la fois une qualité *très générale* et aussi une qualité *fondamentale* des chondriosomes.

II. — L'appréciation de la puissance de catalyse du chondriome.

La respiration est un phénomène *très général*, qui existe chez les cellules animales et végétales les plus diverses; elle est également un phénomène *fondamental* de la vie cellulaire, phénomène qui persiste malgré les modifications morphologiques et physiologiques de la cellule. Si un constituant cellulaire intervient par son pouvoir d'oxydation dans une étape importante de la respiration, le pouvoir d'oxydation de ce constituant devra être à la fois une qualité *très générale* et aussi une qualité *fondamentale* du constituant. Les études ci-dessus ont précisément démontré que le pouvoir oxydant du chondriome possède ces deux qualités. Ainsi se trouve posé le problème de l'intervention du chondriome, constituant essentiel de toute cellule vivante, dans le phénomène de la respiration.

L'étape fondamentale de la respiration est la réalisation de l'oxydation des métabolites. Le pouvoir de catalyse du chondriome est-il capable d'assurer cette oxydation? Les résultats des recherches décrites plus haut n'apportent pas de réponse à cette question.

Il faut remarquer, en effet, que si les réactifs utilisés dans les expériences citées permettent de démontrer nettement la réalité de la catalyse d'oxydation sur les chondriosomes, ils ne nous donnent, cependant, qu'une idée insuffisante de la puissance d'oxydation de la cellule vivante. La plupart des réactifs utilisés peuvent, avec un temps suffisant, subir, de la part de l'oxygène de l'air, un phénomène d'oxydation, or, on sait qu'une solution de glucose ne subit, de la part de l'oxygène de l'air, qu'une oxydation inappréciable, tandis que cette même solution est très rapidement oxydée par la cellule vivante dans les conditions normales de la respiration.

Il faut donc, pour se rapprocher davantage des conditions réalisées par la cellule au cours de sa respiration, étudier l'oxydation de réactifs qui, à l'image de la solution de glucose, ne subissent, de la part de l'oxygène de l'air, qu'une oxydation inappréciable. C'est la mise en évidence des lieux où s'opérera la catalyse d'oxydation de semblables réactifs qui pourra déceler les zones de la cellule capables de réaliser l'oxydation des métabolites.

Nous avons cherché à réaliser ces nouvelles conditions expérimentales en demandant, en outre, à nos réactifs deux autres qualités: 1° ils doivent pénétrer dans la cellule sans lui causer de dommages, 2° les changements de coloration apportés par l'oxydation doivent être appréciables.

Deux réactifs répondent aux conditions exigées: la solution de chlorure cobalteux en milieu alcalin, la solution de sulfate cobalteux en milieu alcalin. La technique de préparation de ces réactifs et leur utilisation pour les divers types cellulaires sont décrites dans nos publications. Les réactifs sont incolores ou légèrement roses. Sous l'influence d'un agent d'oxydation assez puissant ils prennent *in vitro* une coloration verte par la formation du sel cobaltique, mais, à l'image de la solution de glucose, ils ne subissent, de la part de l'oxygène de l'air, qu'une oxydation inappréciable.

Des types cellulaires très divers ont été étudiés. Dans le règne végétal: des fragments d'épiderme de feuilles et de tiges, des cellules de racines, de bourgeons, des poils absorbants. Dans le règne animal: la glande salivaire de la larve de Chironome et les divers types cellulaires représentés par les étapes du cycle de développement de quelques Grégarines.

Les résultats obtenus sont les mêmes dans tous les cas. L'un ou l'autre des réactifs pénètre dans la cellule étudiée et c'est au niveau des chondriosomes qu'il subit une oxydation qui le transforme en un sel cobaltique vert. Cette oxydation s'effectue dans la cellule parfaitement *vivante*. Les sporadins de *Gregarina polymorpha* continuent à se mouvoir dans la préparation longtemps après que leur chondriome a été teinté en vert par l'action du réactif.

Les chondriosomes ont donc une force de catalyse assez grande pour réaliser, dans la cellule vivante, la transformation des sels cobalteux en sels cobaltiques. Une semblable puissance de catalyse est de l'ordre de grandeur de celle qui est nécessaire pour réaliser l'oxydation des métabolites au cours de la respiration cellulaire.

Il y a, dans cette constatation, un argument important en faveur de la conception d'un rôle du chondriome dans l'oxydation des métabolites au cours de la respiration. Toutefois, la transformation des sels de cobalt dans la cellule n'est qu'une image, dans des conditions expérimentales déterminées, des oxydations que le chondriome peut réaliser, mais ce chondriome réalise-t-il effectivement l'oxydation des métabolites au cours de la respiration normale ?

Le microscope ne nous permet pas de suivre l'oxydation des métabolites parce que aucune des substances qui, comme le glucose, les acides gras... se trouvent transformées dans l'acte respiratoire ne donne naissance, au cours des transformations subies à des changements d'aspect ou de coloration appréciables. Mais, là où la Cytologie se révèle impuissante, la Physiologie va nous apporter une aide efficace.

Si les effets de l'oxydation des métabolites au cours de la respiration ne sont pas décelables au microscope, ils sont mesurables par la quantité d'oxygène absorbée ou par la quantité de gaz carbonique dégagée, c'est-à-dire par l'intensité respiratoire. La preuve de l'intervention du chondriome comme catalyseur d'oxydation des métabolites au cours de la respiration sera établie si, toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité respiratoire d'une cellule est directement proportionnelle à sa teneur en chondriosomes. C'est cette démonstration que nous allons maintenant établir.

III. — La démonstration expérimentale du rôle du chondriome dans la respiration.

Le type cellulaire choisi pour établir la démonstration est le globule rouge du sang des Vertébrés parce que nous lui avons reconnu les deux qualités suivantes : 1° Malgré la haute spécialisation du globule rouge, son chondriome présente exactement les mêmes caractères de constitution chimique et les mêmes caractères physico-chimiques que ceux du chondriome des cellules animales et végétales les plus diverses, ce qui donne à la démonstration établie sur ce type cellulaire une portée générale. 2° Les variations de la teneur en chondriome d'un globule au cours de sa vie sont très considérables : le globule jeune a un chondriome assez abondant, sa teneur en chondriosomes diminue à mesure qu'il avance en âge, le globule âgé est pauvre en chondriome et peut même en être dépourvu.

Quand on compare deux populations de globules rouges de la même espèce, qui ne diffèrent entre elles que par la proportion des éléments jeunes qu'elles renferment, la population riche en éléments jeunes est riche en chondriosomes, celle qui renferme peu d'éléments jeunes contient peu de chondriosomes.

Puisque nous avons démontré, plus haut, que les chondriosomes sont, dans la cellule vivante, les lieux où se réalisent les catalyses d'oxydation, nous devons pouvoir constater, en comparant deux populations de globules, que la population qui est plus riche en globules jeunes a une capacité d'oxydation plus élevée que celle de l'autre. Effectivement, l'action de l'un ou l'autre des deux réactifs, chlorure de cobalt ou sulfate de cobalt, sur des populations de globules rouges de Triton permet de faire cette constatation.

L'importance de l'oxydation qui se réalise dans les diverses expériences est indiquée par la quantité de sel cobaltique formée. Elle peut, en quelque sorte, être mesurée par l'importance de la couleur verte qui apparaît dans les globules. Comme dans toutes les expériences faites la couleur verte se trouve strictement localisée à la surface des chondriosomes, la population riche en éléments jeunes, dont le chondriome est abondant, décèle une capacité d'oxydation plus élevée.

Le pouvoir de catalyse ainsi révélé est, comme nous l'avons vu plus haut, d'un ordre de grandeur comparable à celui qui intervient dans la respiration normale ; s'il entre effectivement en jeu dans la respiration, nous allons pouvoir faire la constatation suivante : la population plus riche en éléments jeunes aura une respiration plus intense. Toutes les mesures d'intensité respiratoire faites par les auteurs sur ce sujet ont précisément apporté la même conclusion : l'intensité respiratoire d'une population de globules est d'autant plus élevée que cette population est plus riche en éléments jeunes. Aucune interprétation de ce fait, si généralement constaté par les physiologistes, n'avait été donnée jusqu'à ce jour ; nous en comprenons maintenant la signification. La population riche en globules jeunes respire davantage parce qu'elle est plus riche en chondriosomes.

La démonstration expérimentale du rôle du chondriome dans la respiration se dégage des faits ci-dessus : toutes choses égales d'ailleurs, la capacité d'oxydation d'une cellule et son intensité respiratoire sont directement proportionnelles à la teneur en chondriosomes de cette cellule.

La question du rôle du chondriome dans la vie cellulaire ne se trouve pas épuisée par la démonstration établie ci-dessus, mais le fait nouveau que nous venons de décrire : rôle du chondriome dans la réalisation de l'oxydation des métabolites, grâce à son pouvoir de catalyse d'oxydation, nous paraît assez solidement établi pour pouvoir être utilisé désormais dans l'étude de la physiologie cellulaire.

IV. — A quelles causes peut-on attribuer le pouvoir de catalyse d'oxydo-réduction du chondriome ?

L'existence du pouvoir de catalyse d'oxydo-réduction du chondriome et la preuve de l'intervention de ce pouvoir catalytique dans la respiration ont été établies indépendamment des caractères de constitution des chondriosomes. A quelles causes peut-on les rattacher ? Existe-t-il parmi les constituants du chondriome des substances dont les qualités chimiques permettraient d'expliquer le mécanisme de la catalyse ?

Nos recherches sur le glutathion ont apporté les résultats suivants : 1° Dans les types cellulaires les plus variés des groupes les plus divers (Sporozoaires, Mollusques, Vertébrés, Champignons, Phanérogames) le chondriome est le support du glutathion. 2° Ce caractère persiste malgré les modifications morphologiques que subit le chondriome au cours de la vie d'une cellule et malgré les transformations physiologiques qu'entraînent les phénomènes de croissance et de sexualité. 3° La dislocation et la destruction des chondriosomes dans un tissu entraînent corrélativement la disparition de la réaction du glutathion dans les cellules traitées. De ces résultats se dégage la conclusion suivante : Le caractère du chondriome d'être le support du glutathion est une qualité très générale de cette formation cellulaire et nous devons considérer que le glutathion est un constituant du chondriome.

La présence du glutathion sur le chondriome a été confirmée par les recherches de Giroud (1928) et par celles de Bourne (1935).

Les travaux sur le problème cytologique de la vitamine A nous ont apporté les résultats suivants. La vitamine A existe dans le chondriome de types cellulaires très variés, appartenant aux groupes les plus divers : Mammifères, Oiseaux, Reptiles, Batraciens, Poissons, Mollusques, Crustacés, Insectes, Protozoaires, Phanérogames, Algues, Champignons. Ce caractère persiste malgré les modifications morphologiques et physiologiques profondes que la cellule peut subir, par suite de la croissance et de la sexualité, au cours du cycle de développement d'une Coccidie ou d'une Grégarine. La vitamine A est donc un constituant essentiel du chondriome.

La présence de la vitamine A sur le chondriome a été confirmée par les recherches de Bourne (1935).

Quelles sont les qualités chimiques des deux constituants du chondriome : glutathion et vitamine A ?

Hopkins (1921-1925) montre que le glutathion peut provoquer l'oxydation de certains protides en milieu neutre ou légèrement alcalin, ce qui est précisément le cas réalisé par les tissus. Il est également capable de catalyser activement l'oxydation des acides gras non saturés, que ces derniers soient à l'état de glycérides ou de combinaisons du type lécithine.

Euler (1932) constate que les extraits de foie de certains Poissons qui sont riches en vitamine A absorbent rapidement l'oxygène. En faisant l'étude comparée des extraits hépatiques de Morue, de Maquereau, de Turbot, il montre que les valeurs de respiration de ces extraits croissent dans le même ordre que leurs teneurs en vitamine A. L'auteur conclut de ses expériences que la vitamine A est un catalyseur d'oxydation.

Les nombreuses recherches qui ont été faites sur le rôle du glutathion ont apporté les précisions suivantes. Le mécanisme d'action de cette substance comme catalyseur d'oxydo-réductions exige la présence d'un facteur complémentaire réducteur, capable de transformer la forme disulfure inactive du glutathion en forme thiol active. Ce facteur existe dans la cellule vivante mais, d'après les auteurs, sa nature exacte est indéterminée.

La vitamine A, qu'elle soit sous la forme $C_{40}H_{56}$ ou sous la forme $C_{20}H_{30}O$, est très avide d'oxygène, elle possède donc les qualités de réducteur que doit avoir le facteur complémentaire indispensable au fonctionnement du glutathion comme catalyseur.

Nous proposons la conception suivante : Glutathion et vitamine A constituent, l'un et l'autre, des catalyseurs d'oxydation. Ils agissent en collaboration. Dans cette collaboration, d'une part la vitamine A joue le rôle d'activateur du glutathion parce qu'elle ramène la forme disulfure inactive à la forme thiol active, d'autre part, grâce à l'état d'équilibre qui s'établit entre les deux facteurs de la catalyse, le glutathion peut sauvegarder, dans la cellule, la vitamine A de toute oxydation ou réduction brutales. Ainsi se trouvent expliquées, d'une part, le mécanisme d'action du glutathion dont le facteur complémentaire est la vitamine A, d'autre part, la résistance aux facteurs chimiques présentée par la vitamine A quand elle est incorporée dans les tissus, résistance qui se trouve en contraste si frappant avec la fragilité de cette même vitamine lorsque, *in vitro*, les liaisons normales qu'elle avait avec le glutathion dans la cellule vivante se trouvent rompues.

Le mécanisme de la catalyse des oxydo-réductions intracellulaires s'effectue, au niveau du chondriome, par la collaboration de deux constituants de ce chondriome : le glutathion et la vitamine A.

Une étude critique du mécanisme proposé a

été faite (JOYET-LAVERGNE, 1935). Le système de catalyse du chondriome (vitamine A + glutathion) présente des qualités d'ordre physico-chimique et des qualités d'ordre morphologique. Toute cause capable de modifier soit les conditions physico-chimiques soit les conditions d'ordre morphologique du système doit modifier les conditions du mécanisme des oxydo-réductions dans un sens bien déterminé. Les diverses expériences capables de modifier soit l'une soit l'autre de ces deux catégories de conditions provoquent effectivement les perturbations du système d'oxydo-réductions que permettait de prévoir la théorie formulée.

La question que nous venons d'étudier en cherchant à préciser le mécanisme intime de la catalyse est plus complexe que celle qui a été traitée dans les chapitres précédents. L'interprétation que nous proposons en attribuant le pouvoir catalytique du chondriome à ses deux constituants vitamine A et glutathion n'est pas acceptée par tous les auteurs. BOURNE, qui a confirmé nos résultats concernant l'existence de ces deux constituants sur le chondriome, ne pense pas que la vitamine A puisse jouer le rôle de facteur complémentaire du glutathion dans le mécanisme de la catalyse. Il émet l'hypothèse que ce rôle pourrait être attribué à la vitamine C. De l'état actuel de nos connaissances sur cette vitamine, tant au point de vue cytologique qu'au point de vue physiologique, il ne nous paraît pas se dégager une base suffisante pour accepter l'hypothèse proposée par BOURNE.

Conclusions.

L'ensemble des recherches qui ont été brièvement résumées ci-dessus apporte deux conclusions :

PREMIÈRE CONCLUSION. — L'étude, par des méthodes diverses, des localisations dans la cellule de la zone des oxydations et de la zone des réductions montre que le chondriome est la formation cytoplasmique où s'opèrent ces réactions. La puissance de catalyse du chondriome est d'un ordre de grandeur analogue à celui du pouvoir catalytique qui est nécessaire pour réaliser, dans la cellule, l'oxydation des métabolites au cours de la respiration. La capacité d'oxydation d'une cellule et son intensité respiratoire étant directement proportionnelles à la teneur en chondriosomes de cette cellule, nous avons là une preuve du rôle que joue le chondriome dans l'étape fondamentale de la respiration.

C'est grâce au pouvoir de catalyse du chondriome que se réalisent les oxydations des métabolites utilisés au cours de l'acte respiratoire.

DEUXIÈME CONCLUSION. — *Le mécanisme des catalyses qui s'effectuent à la surface des chondriosomes peut être attribué aux qualités chimiques que possèdent deux des constituants du chondriome : la vitamine A et le Glutathion.* Dans les opérations de catalyse, la vitamine A joue le rôle du facteur complémentaire réducteur qui est indispensable pour assurer l'activation du glutathion.

Ces deux conclusions se complètent, mais, comme chacune d'elles repose sur des constatations expérimentales distinctes, elles se trouvent indépendantes l'une de l'autre. Cela signifie que, même si les découvertes futures venaient apporter des précisions nouvelles sur le mécanisme de la catalyse en modifiant le schéma que nous proposons dans la deuxième conclusion, la première conclusion n'en persisterait pas moins dans toute son intégralité.

Dans l'état actuel de la Cytophysiologie, étant donnée la nature des problèmes qui se posent, la première conclusion semble d'ailleurs présenter un intérêt immédiat plus appréciable pour la poursuite des recherches destinées à apporter des clartés nouvelles sur la vie cellulaire.

Ph. Joyet-Lavergne.
Professeur au lycée Condorcet
(Paris).

BIBLIOGRAPHIE

BACH et CHODAT, 1902. — *Ber. d. deutsch. Chem. ges.*, t. 35, p. 2466.
BACH et CHODAT, 1903. — *Ber. d. deutsch. Chem. ges.*, t. 36, p. 1756.
BOURNE, G. 1935. — *Austr. Journ. of exp. biol. a. med.*, t. 13, p. 239.
CHODAT, R. et ROUGE, E. 1922. — *C. R. Acad. sci.*, t. 175, p. 252.
EULER, H. (VON), 1932. — *Bull. soc. Chim. biol.*, t. 14, p. 838.
GIROUD, A., 1928. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 98, p. 376.
HOLLANDE, A. Ch., 1924. — *C. R. Acad. sci.*, t, 178, p. 1215.
HOLLANDE, A. Ch., 1924. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 90, p. 1314.
HOLLANDE, A. Ch , 1924. — *Bull. histol. app.*, t. 1.
HOPKINS, F. G., 1921. — *Bioch. Journ.* t. 15, p. 286.
HOPKINS, F. G., 1923. — *Bull. soc. Chim. biol.*, t. 5, p. 761.
HOPKINS, F. G., 1925. — *Bioch. Journ.*, t. 19, p. 787.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1927. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 97, p. 140.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1927. — *C. R. Acad. sci.*, t. 184, p. 1587.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1927. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 97, p. 327.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1928. — *C. R. Acad. sci.*, t. 186, p. 471.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1928. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 98, p. 501.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1928. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 98, p. 567.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1928. — *C. R. Acad. sci.*, t. 186, p. 595.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1928. — *C. R. Soc. Biol*, t. 98, p. 658.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1928. — *Bull. histol. app.*, t. 5, p. 331.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1929. — *Protoplasma*, t. 6, p. 84.
JOYEN-LAVERGNE, Ph. 1929. — *Rev. gén. sci. p. et app.*, t. 40, p. 423.
JOYET-LAVERGNE, Ph., 1932. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 110, p. 552.

Joyet-Lavergne, Ph., 1932. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 110, p. 663.
Joyet-Lavergne, Ph., 1932. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 110, p. 918.
Joyet-Lavergne, Ph., 1932. — *C. R. Acad. sci*, t. 195, p. 894.
Joyet-Lavergne, Ph., 1932. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 111, p. 895.
Joyet-Lavergne, Ph., 1933. — *C. R. Acad. sci.*, t. 197, p. 184.
Joyet-Lavergne, Ph., 1933. — *Archiv. zool. expér. et gén.*, t. 75, p. 475.
Joyet-Lavergne, Ph., 1934. — *La Cellule*, t. 63, p. 45.
Joyet-Lavergne, Ph., 1934. — *C. R. Acad. sci.*, t. 199, p. 1159.
Joyet-Lavergne, Ph., 1935. — *Protoplasma*, t. 23, p. 50.
Joyet-Lavergne, Ph., 1936. — *C. R. Acad. sci.*, t. 201, p. 1219.
Joyet-Lavergne, Ph., 1936. — *C. R. Acad. sci.*, t. 202, p. 1101.
Joyet-Lavergne, Ph., 1936. — *C. R. Acad. sci.*, t. 203, p. 1020.
Joyet-Lavergne, Ph., 1936. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 123, p. 754.
Joyet-Lavergne, Ph., 1936. — *C. R. Acad. sci.*, t. 203, p. 1291.
Joyet-Lavergne, Ph., 1936. — *Bull. soc. Chim. biol.*, t. 18, p. 1041.
Joyet-Lavergne, Ph., 1937. — *C. R. Acad. sci.*, t. 204, p. 1588.
Joyet-Lavergne, Ph., 1937. — *Protoplasma*, t. 28, p. 131.
Joyet-Lavergne, Ph., 1937. — *Protoplasma*, t. 29, p. 100.
Mangenot, G., 1928. — *C. R. Acad. sci.*, t. 186, p. 710.
Marinesco, G., 1921. — *Rev. gén. sci. p. et app.*, t. 32, p. 508.
Marinesco, G., 1922. — *Bull. sect. sci. Acad. roumaine*, t. 8, p. 5.
Marinesco, G., 1926. — *Bull. histol. app.*, t. 3, p. 69.
Mayer, A., Rathery, F. et Schaeffer, G., 1913. — *Trav. Lab. Physiol. physico-chim. Hautes Etudes*, t. 3, p. 607.
Prenant, M., 1921. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 85, p. 808.
Prenant, M., 1924. — *Arch. Morph. gén. et expér.*, fasc. 21, p. 1.
Prenant, M., 1925. — *C. R. Soc. Biol.*, t. 93, p. 1.499.
Prenant, M., 1925. — *Bull. histol. app.*, t. 2.
Prenant, M., 1936. — *Bull. histol. app.*, t. 3.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Nicolesco (Miron). — **Les fonctions polyharmoniques.** (Actualités scientifiques et industrielles. 331). — *Exposés sur la théorie des fonctions, publiés sous la direction de Paul Montel, IV*). — 1 *fascicule de* 54 *p. Hermann et Cie, éd., Paris*, 1936.

Dans ce fascicule, M. Nicolesco se propose d'étudier systématiquement les propriétés intrinsèques des fonctions polyharmoniques d'ordre quelconque. Une fonction polyharmonique d'ordre p étant définie comme une fonction intégrale $u(M) = u(x_1, x_2, .. x_n)$ de l'équation aux dérivées partielles $\Delta^p u(M) = 0$, avec les définitions

$$\Delta^0 = 1 ; \quad \Delta = \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta^2}{\delta x_i^2} ; \quad \Delta^s = \Delta(\Delta^{s-1}).$$

Le premier chapitre consacré à l'étude locale de ces fonctions étend les théorèmes connus sur la continuité des fonctions harmoniques tandis que le deuxième chapitre expose plus particulièrement les propriétés des fonctions polyharmoniques dans des domaines non bornés et notamment les théorèmes de Liouville, Picard, Hadamard et Noaillon, ainsi que les théorèmes de Harnak et Montel sur les suites de fonctions harmoniques. Le troisième chapitre relatif aux problèmes de frontière généralise la formule de Green et introduit les fonctions de Green d'ordre p de seconde espèce dans la solution du problème de Riquier, tandis que le cas des domaines hypersphériques est étudié spécialement dans le cas particulier du problème biharmonique qui fait ensuite l'objet d'un bref exposé en liaison avec la théorie de l'élasticité. G. P.

⁂

De Possel (René). — **Sur la théorie mathématique des jeux de hasard et de réflexion.** — Actualités scientifiques et industrielles. 436. *Conférences du centre universitaire méditerranéen de Nice publiées sous la direction de* M. Paul Valery, I. — 1 *fascicule de* 44 *p., Hermann et Cie, éd., Paris* 1936.

Dans cet exposé sur la théorie générale des jeux, le terme de jeu est entendu aussi bien sous le sens de jeu de société que sous le sens de décision prise par un individu dans une circonstance quelconque. Dans ces conditions le jeu peut être considéré comme une résultante de trois facteurs, la réflexion, le hasard et la ruse. L'on pourra alors considérer des jeux de pure réflexion ou jeux de combinaisons (échecs, dames), des jeux de pur hasard (exemple : un nombre déterminé de parties de pile ou face) et des jeux de ruse pure.

Parmi les jeux de combinaisons, les plus simples sont les jeux de batonnets que M. de Possel examine dans les différentes catégories de cas possibles et dont il fait une théorie développée. Il en déduit un théorème fondamental sur les jeux de combinaisons et les tactiques de gain existant pour les joueurs. Les jeux dans lesquels intervient le hasard nécessitent l'introduction du calcul des probabilités et de la notion d'espérance mathématique. La théorie générale des jeux de société introduit simultanément les trois facteurs, réflexion, hasard et ruse (Exemple : jeux de cartes), dont les influences respectives sur le résultat du jeu sont exposées d'après la théorie de J. von Neumann. G. P.

2° Sciences physiques et chimiques.

Duclaux (J.). — **Traité de Chimie physique.** *Tome II*, 1° *Chapitre I :* Diffusion dans les Gels et les Solides ; 1 *vol. in*-16, *broché, de* 50 *pages Prix :* 12 *fr.* — 2° *Chapitre II :* Diffusion dans les Liquides. 1 *vol. in*-16, *broché, de* 90 *pages, Prix* 20 *fr. Edit.* Hermann et *Cie, Paris*, 1936.

L'auteur, continuant la publication, dans les *Actualités scientifiques et industrielles*, des leçons de Chimie physique appliquée à la Biologie qu'il professe au Collège de France, expose, dans les deux fascicules, l'importante question des phénomènes de diffusion dans les gels, les solides et les liquides, étude qui a donné lieu, depuis quelques années, à des résultats de grande valeur et qui a fait l'objet d'un nombre considérable de mémoires.

Le sujet principal traité est la diffusion dans les solutions. Mais la diffusion dans les gels, dont l'étude est une introduction à celle de la perméabilité des membranes, est aussi décrite en détail, en raison de son importance pour les biologistes. Quelques pages sont consacrées à la diffusion dans les liquides.

Le lecteur pourra, éventuellement, recourir aux travaux originaux avec la plus grande facilité, grâce à une documentation bibliographique très complète établie à la fin de chaque chapitre.

E. Cattelain.

⁂

Villey (Jean), *Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.* — **Propriétés générales des fluides moteurs** Fascicule XXXIII du Mémorial des Sciences physiques, — 1 *vol. in*-8° *de* 66 *pages avec* 7 *figures. Gauthier-Villars, Paris*, 1936 (*Prix :* 15 *fr.*).

M. J. Villey à qui l'on doit, dans le domaine de la mécanique et de la thermodynamique de fort importantes recherches originales, a entrepris avec beaucoup de persévérance et de bonheur, dans un certain nombre de fascicules du Mémorial des Sciences physiques, une étude d'ensemble générale et rationnelle des moteurs thermiques. On conçoit que la connaissances des propriétés des fluides moteurs soit, à cet égard, essentielle. Se plaçant d'un point de vue extrêmement original et très fécond pour l'enseignement, M. Villey a eu l'heureuse idée d'éclairer les notions classiques fournies par la thermodynamique au moyen des interprétations cinétiques.

Il envisage d'abord l'équation d'état des fluides et la surface représentative correspondante, puis les propriétés calorimétriques et les paramètres permettant de les caractériser. Il étudie en détail les variations des chaleurs spécifiques qui jouent un rôle si important dans le fonctionnement des moteurs thermiques. Il termine par une étude d'ensemble des diagrammes thermodynamiques.

L'exposé est toujours plein d'intérêt, ne laissant dans l'ombre aucune difficulté, et s'attachant à mettre en relief les données essentielles. Nous nous permettons de signaler tout particulièrement à l'attention des lecteurs certains paragraphes dans lesquels l'auteur apporte des points de vue nouveaux, notamment sur l'étude des systèmes dépendant de plus de deux variables, sur les fluides thermodynamiquement possibles, sur les évolutions d'une masse gazeuse en mouvement et sur le diagramme entropique.

A. Boutaric.

2° Sciences naturelles.

Collin (Rémy). — **L'Hypophyse. Travaux originaux et Etudes.** 2e série, 1933-1936. — *Doin, édit Paris.*

L'auteur et ses collaborateurs donnent un nouveau développement sur leurs remarquables conceptions de la neurocrinie hypophysaire. Ils apportent un nouveau test : la réaction des mélanophores qui permet de déceler une hormone hypophysaire dans les urines. En raison des réponses des mélanophores de la grenouille les auteurs admettent que l'hypophyse joue un rôle dans la détermination des Syndromes de Basedow et de la migraine.

R. P.

⁂

Simon (E.). — **Les Arachnides de France,** tome VI, 5e et dernière partie; œuvre posthume publiée par L. Berland et L. Fage. Table alphabétique par A. Bonnet. *Edgar Malfère édit.* 12, *rue Hautefeuille, Paris.*

Avec ce volume se trouve terminée la publication posthume du grand arachnologiste, qui contient en 1300 pages la description et le catalogue de toutes les Araignées de la Faune française. Le texte, entièrement de la main d'E. Simon, a été illustré de 2028 figures que MM. Berland et Fage ont eux-mêmes exécutées d'après nature. A cette dernière partie est adjointe une table alphabétique des familles, genres et espèces, due à M. A. Bonnet.

Il est heureux que MM. Berland et Fage aient pu mener à bien ce long travail; ils ont ainsi rempli le vœu le plus cher de l'éminent arachnologiste dont ils ont été les élèves. Et nous sommes persuadé que cet ouvrage, le modèle de ce que doit être un livre faunistique, rendra les plus grands services aux zoologistes.

Marc André.

⁂

Wunder (Dr Wilhelm), *Professeur extraordinaire de Zoologie et d'Anatomie comparée à l'Institut zoologique de l'Université de Breslau.* — **Physiologie der Süsswasserfische Mitteleuropas.** 1 *vol. de* XI + 340 *p.*, 10 *pl.*, 213 *fig.* (*tiré à part de* Demoll *und* Maier, *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Bd. II B*). *Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandl.* 1936. (*Prix : br.* 36,75 *M.*; *rel.* 39 *M.*).

Dans ce gros traité, qui constitue une bonne mise au point, l'auteur étudie successivement les fonctions des téguments, des organes des sens (y

compris la vessie natatoire) et du système nerveux central, la respiration, la circulation, la nutrition, l'excrétion rénale, les sécrétions internes, la production de chaleur, le mouvement, la reproduction, le développement.

Chaque chapitre débute par une étude descriptive, richement illustrée, des organes; il est accompagné de références bibliographiques très abondantes, où malheureusement presque tous les travaux écrits en anglais, en italien ou en français font défaut.

R.

4° Sciences médicales.

Clinical and pathological applications of spectrum analysis (Applications cliniques et pathologiques de l'analyse spectrale). — *1 vol.* (25×15) *de 145 pages, avec 52 fig. Edit. Société Adam Hilger. Londres*, 1934. (*Prix, relié : 15 shillings*).

La célèbre société anglaise « Adam Hilger limited », dont les instruments spectroscopiques sont utilisés dans les laboratoires d'analyse du monde entier, vient d'ajouter, à la série de ses publications sur l'analyse spectrale, une traduction de la 2e partie de l'ouvrage allemand bien connu « *Die chemische Emissionsspektranalyse* » de Walter et Werner Gerlach (traduction anglaise de Joyce Hilger Twyman). Les deux auteurs ont formé une association particulièrement bien qualifiée pour traiter un tel sujet. En effet, l'un est un physicien éminent qui, depuis quelques années, a étudié, d'une façon intensive, l'analyse spectro-chimique, l'autre est un professeur distingué d'anatomie pathologique. Ensemble, ils ont appliqué aux difficiles problèmes de la pathologie les puissants moyens d'attaque fournis par le spectrographe.

Les sujets les plus divers sont traités dans cet ouvrage : répartition des métaux dans le corps humain (en vue de l'usage thérapeutique de métaux lourds) dépôt métallique sur la peau ou les vêtements dans le cas d'une décharge électrique (dans l'électrocution, par exemple), analyse des balles ainsi que des traces métalliques laissées par celles ci le long de leur trajet dans le corps, etc.

Les applications de la spectroscopie à certains problèmes spéciaux sont également discutées. Une partie du livre, qui n'est pas la moins intéressante, comprend des tables dans lesquelles les auteurs donnent non seulement les raies spectrales les plus sensibles pour la détermination de certains métaux, mais aussi celles d'autres métaux avec lesquels on pourrait les confondre dans l'analyse de certaines substances données et les moyens d'éviter ces erreurs.

La technologie de l'analyse spectrale s'est beaucoup développée dans ces dernières années et l'exposé de ses usages possibles dans une direction relativement nouvelle apportera un grand secours à la solution de certains problèmes difficiles de pathologie et de médecine clinique et légale.

E. Cattelain.

5° Art de l'Ingénieur.

Agendas Dunod 1938.

Izart (J.). — **Physique industrielle.** — *18e édition, 379 p.*

Izart (J.). — **Construction mécanique.** — *57e édition. 336 p.*

Place (P.). — **Chemins de fer** — *57e édition, 400 p.*

Mohr (G.). — **Automobile.** — *26e édition, 491 p.*

Vol. 10×15, avec nombreuses fig. ; Dunod, Paris, 1938. (Prix, relié pégamoïd, chacun : 25 fr.)

Parmi la vingtaine d'agendas dont se compose la collection Dunod bien connue, les quatre ouvrages ci-dessus intéressent tous directement l'ingénieur mécanicien; c'est pourquoi il nous a paru indiqué de les signaler en un seul compte rendu de la présente rubrique. Le lecteur n'attend pas de nous une analyse détaillée de ces excellents petits traités qui lui sont, du reste, familiers. Nous désirons plutôt présenter, en son nom, une suggestion d'ordre pratique dont l'adoption l'éclairerait utilement et qui, sauf erreur, a déjà été appliquée : c'est celle qui consisterait à indiquer, au début de chaque agenda, les points sur lesquels il a fait l'objet de remaniements ou d'additions par rapport à la précédente édition.

Ph. Tongas.

***

Grard (Général C.). — **La corrosion en métallurgie.** Milieu aqueux, atmosphérique et marin. — *1 vol. in-8° de* XII–345 *p., avec 59 fig. et 3 pl. hors texte, Paris Berger-Levrault*, 1936 *(Prix, broché : 50 fr.).*

La corrosion est actuellement l'un des principaux sujets à l'ordre du jour en métallurgie et les revues techniques lui consacrent fréquemment d'importantes études, voire même des numéros spéciaux [1].

C'est dire combien est opportune la publication de l'ouvrage de M. le Général Grard, président de la Commission de Corrosion de l'Aéronautique. Ce livre est divisé en quatre parties :

I. Les principes. — II. Les effets et les causes. — III. La lutte contre la corrosion des produits métallurgiques. — IV. Le contrôle.

Par son abondante documentation, son ordonnance logique et claire, son illustration soignée, il constitue une contribution des plus intéressantes à la question de la corrosion.

Ph. Tongas.

6° Divers.

Boissoudy (J. de). — **Deux réalités. Espace et matière dans l'unité du continu.** — *1 vol. de 191 p. in-16. F. Alcan, édit., Paris*, 1936.

Essayant de se représenter suivant une conception métaphysique particulière la totalité du monde matériel, l'auteur est conduit à examiner ce qui

1. Voir notamment les numéros spéciaux de la revue *Métaux*, depuis 1928.

constituera le milieu dans lequel celui-ci apparaîtra comme un accident. Ce substratum, c'est l'éther. Mais celui-ci ne se définit pas physiquement, c'est pourquoi il faut chercher une solution métaphysique.

Devant les deux objectivités, éther et matière, ne peut-on les rattacher à une même réalité ? Il semble, que non seulement l'éther et la matière ne s'opposent pas, mais que ce soient deux réalités, deux milieux, tout à fait semblables entre lesquels, à quelque point de vue qu'on se place, on n'arrive pas à découvrir de différence nettement tranchées. L'identité serait même totale si elles n'étaient assujetties à durer en tant que parties d'un ensemble, c'est-à-dire à évoluer chacune selon sa loi propre. La contrariété apparente des deux milieux n'est que le contraste de deux modes d'évolution différents. Elle ne se comprend que subordonnée à la création d'un état permanent de déséquilibre, d'un flux ininterrompu de quantité de mouvement dirigé vers chaque parcelle de matière.

L'auteur montre par des considérations métaphysiques que la distinction d'un éther et d'une matière, l'existence même des corps ont pour condition nécessaire l'ensemble des phénomènes à la fois dynamiques, cinématiques, spatio-temporels qui constituent la gravitation. Le champ gravitatif et le champ électromagnétique se rattachent dans cette construction à deux ordres d'idées et de faits différents, le champ électromagnétique exprimant l'unité foncière du continu, la quasi-identité de la matière et de l'éther, tandis que le champ de gravitation pose au contraire les conditions de divisibilité et de différentiation de ce continu et exprime l'opposition éther-matière.

G. P.

*
**

Warrain (Fr.). — **L'Œuvre philosophique de H. Wronski. T. II. Architectonique de l'Univers.** 1 *vol. in*-8°, 339 p. *Librairie Vega* 1936 (*Sans indic. de prix*).

Le premier tome de cet imposant ouvrage a été analysé par le regretté Montessus de Ballore dans le n° 7 du 15 avril 1934 de cette Revue et le lecteur ferait bien de s'y reporter pour ce qui concerne la personnalité de H. Wronski. Quant à l'intention dans laquelle Fr. Warrain a entrepris avec un admirable dévouement la tâche très laborieuse de divulguer l'œuvre très profonde de H. Wronski nous reproduisons ici ses paroles : « Ce n'est pas dans l'intention de célébrer un adepte partial, un magistère tenu pour indéfectible, mais parce que nous estimons qu'il y a lieu de combler une lacune dans l'histoire de la philosophie où H. Wronski doit occuper une place en raison du caractère, des tendances et de l'orientation de sa pensée.

Voici la trame du contenu du présent volume : « Architectonique de l'Univers ». I. La Loi de Création ou Canon Philosophique : Construction, Synthèse, Analyse. II. Réforme de la Philosophie et des Sciences : Application aux Sciences et à L'Encyclopédie. Schéma pur; schéma circulaire. III. La loi de Création comme Autogénie de la Réalité. Philosophie et chrématique. Principe de la Loi de Création: Autogénie de la Réalité : déduction de la loi de création par voie génétique. Mystique des Nombres. IV. Prototype de l'Univers, ses systèmes. Leur analyse.

Ce livre me semble un effort formidable pour transposer et coordonner d'innombrables recherches arithmosophiques et même cabalistiques dans une philosophie naturelle et rationaliste et il n'est pas sans garder l'obscurité propre à ces sources profondes de la spéculation. Je crois que Fr. Warrain apporte déjà et apportera mieux dans la suite de son exégèse tous les éclaircissements désirables pour les non initiés dans ce genre d'étude, et ce sera, comme dans les œuvres personnelles de Fr. Warrain, selon l'esprit de synthèse analytique propre à la mathématique et en accord aussi avec une métaphysique de bonne foi.

G. Malfitano.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 29 *novembre* 1937.

M. le Président annonce le décès de M. **G. A. Boulenger**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Giraud** : *Nouvelles propriétés de certaines équations où figurent des valeurs principales d'intégrales.* — M. **M. Grassner** : *Le nombre des surcorps d'un degré donné d'un corps de nombres* $\mathfrak{p}$*-adiques.* — M. **W. Kozakiewicz** : *Sur les conditions nécessaires et suffisantes de la convergence stochastique.* — M. **L. Godeaux** : *Sur les points de dirimation des surfaces algébriques multiples.* — M. **D. Wolkowitsch** : *Sur le rôle des quadriques d'inertie dans la théorie des coordonnées elliptiques.* — M. **G. Kurepa** : *Transformations monotones des ensembles partiellement ordonnés.* — M. **A. Gonzalez Dominguez** : *Sur les intégrales de Laplace.* — M. **I. Maximoff** : *Sur une fonction continue et essentiellement croissante.* — M. **J. Solomon** : *Sur la mécanique quantique des systèmes de particules électrisées.* — M. **H. Fa-**

bre : *Sur les déplacements des nœuds et des apsides dans les systèmes planétaires.*

2° Sciences physiques. — M. **R. Lucas** : *Sur les tensions de radiation des ondes transversales d'inertie et de viscosité des liquides.* — M. **A. Potop** : *Contribution à l'étude d'une méthode pour la comparaison des chaleurs spécifiques des gaz aux températures plus élevées que la température ambiante.* — M. **Ouang Te-Tchao** et **A. Langevin** : *Sur l'état d'équilibre entre gros ions et petits ions dans un gaz.* Une proportion déterminée des particules en suspension dans un gaz radioactivé reste à l'état neutre. Le rapport entre les gros ions positifs P et négatifs N est égal k_1^2/k_2^2, k_1 et k_2 étant les mobilités des petits ions positifs et négatifs. — M. **F. Gallais** : *Sur les propriétés magnétiques des mercuriiodures.* L'auteur montre que le mercure conserve, dans les mercuriiodures, son diamagnétisme habituel. — MM. **H. Muraour** et **A. Michel-Lévy** : *Sur une nouvelle méthode pour l'obtention des spectres de métaux.* La pulvérisation d'un métal au contac d'un explosif puissant permet d'obtenir des spectres de haute température étroitement apparentés aux spectres d'Anderson. — M. **L. Herman** et Mme **Herman-Montagne** : *Remarque sur une interprétation possible des bandes de l'ozone.* — M. **S. Nikitine** : *Considérations théoriques sur le dichroïsme d'écoulement.* — MM. **J. Crussard** et **S. Gorodetzky** : *Fonction d'excitation de la réaction nucléaire Be* (α, n). *Possibilité de détermination de la masse du neutron par une méthode nouvelle.* Les auteurs utilisent la désintégration du bore par les neutrons ralentis dans la paraffine, qui permet de compter les neutrons individuellement. La masse du neutron serait 1,0090, en excellent accord avec les dernières déterminations. — M. **M. Paic** : *Action des hydroxydes alcalins dilués sur l'hydroxyde cuivrique.* Les solutions diluées de KOH, Na OH, Bb OH et Cs OH dissolvent Cu $(OH)^2$. Le cuivre se trouve ici dans un complexe anionique. La loi de Beer-Lambert s'applique rigoureusement à ces solutions. — M. **L. Herman** : *Polymérisation des gaz et équations d'état.* — M. **P. Renaud** : *Sur une nouvelle conception de l'inertie chimique.* On peut considérer une inertie chimique analogue à l'inertie mécanique, en ce sens qu'elle comporte, non pas l'arrêt, mais la continuation d'une réaction chimique commencée en phase homogène. Cette nouvelle conception de l'inertie chimique conduit à comparer une évolution chimique quelconque, en phase homogène, à l'évolution tangente de premier ordre et à classer les causes des écarts indiqués par l'expérience. — M. **V. Auger** : *Bleu de molybdène cristallisé.* L'auteur a obtenu sous forme cristalline un hydrate bleu d'oxyde de molybdène en mélangeant des solutions chlorhydriques de Mo_V et de Mo^{VI}, en opérant avec des liqueurs fortement acides diluées tout juste assez pour que l'apparition du produit solide n'ait lieu qu'après un ou plusieurs jours. Ce corps paraît être Mo^2O^7 $(MoO^2, 2\ MoO^3)^2 + 2\ H^2O$. — Mlle **Yv. Garreau** : *Quelques combinaisons d'addition des diphénols.* En ajoutant de l'hydroquinone à une solution renfermant de l'éthylène-diamine, SO^2 et un hydroxyde métallique, l'auteur a obtenu des composés de formule générale 3 Hyd., 2 Eth., Me, $2\ H^2O$, où Me = Cu, Zn, Cd. Il se forme une combinaison analogue avec la résorcine et le cuivre. — M. **R. Truchet** : *Sur les valences du carbone.* L'auteur admet que l'atome de carbone peut exister sous deux formes principales : 1° une forme tétraédrique, la plus stable, dans laquelle les 4 électrons de valence jouent exactement le même rôle ; 2° une forme plane, qui intervient dans toutes les doubles liaisons, et comportant 3 valences à 120° l'une de l'autre, de même nature que les valences tétraèdriques, et une quatrième de nature différente. Par la combinaison de ces deux formes, l'auteur rend compte d'un grand nombre de propriétés physiques et chimiques des dérivés du carbone. — M. **J. Wyart** : *Sur un cas de polymorphisme par passage progressif d'un arrangement cristallin à un autre plus symétrique observé sur la leucite.* Sous l'action de la chaleur, la leucite passe d'une façon continue de la forme quadratique à la forme cubique.

3° Sciences naturelles. — M. **Lucien Cayeux** : *Les anomalies de structure et composition de phosphates albiens du Bassin de Paris et les enseignements qui en découlent.* — M. **Robert Laffitte** : *Le Trias et le Lias de Menaa, dans l'Aurès (Algérie).* Le Trias de cette région est monté à travers une couverture très épaisse, en entraînant des lambeaux des couches traversées et en se substituant aux terrains dont il prenait la place par des processus difficiles à imaginer, probablement en les refoulant vers le haut. Ces phénomènes se produisirent au moment de la phase de plissement majeure de la région, c'est-à-dire entre le Lutétien et le Burdigalien et probablement au début de ce laps de temps. — M. **Jean Lacoste** : *Sur la nature des dislocations profondes dans la partie centrale du Prérif (Maroc).* — MM. **Jean Feldmann** et Mlle **Geneviève Mazoyer** : *Sur l'identité de* L'Hymenoclonium serpens. (*Crouan*) *Batters et du* Bonnemaisonia asparagoïdes (*Wodw.*) *C. Ag.* La ressemblance absolue de forme, de dimensions et de structure observée entre les *Hymenoclonium serpens* trouvés dans la nature et les protonémas obtenus en culture à partir des carpospores de *Bonnemaisonia* ne peut laisser aucun doute sur l'identité de ces deux plantes. Le genre *Hymenoclonium Batters* doit donc disparaître de la nomenclature. — M. **Antoine de Cugnac** : *Synthèse expérimentale de la forme velue de* Bromus sterilis L. *par double hybridation interspécifique.* L'hybride *B. madritensis* ♀ *x sterilis* ♂, pollinisé au moyen de *B. sterilis* a donné une plante dont la panicule et les épillets ont exactement les caractères de *B. sterilis.* Mais les épillets ainsi que les pédicelles sont recouverts d'une courte pubescence absolument semblable à celle qui a été observée sur les échantillons spontanés de *B. Fischeri f. persterilis.* L'auteur a donc réalisé ainsi expérimentalement la synthèse de la forme velue de *B. sterilis.* — M. **Marc Simonet** : *Etude caryologique de quelques espèces de Citus.* Chez 12 espèces ou variétés de Cistes le nombre de chromosomes trouvé est $n = 9$. On voit donc ainsi la remarquable fixité caryologique que peuvent présenter toutes les espèces d'un même genre à quelque section botanique qu'elles appartiennent. Les chromosomes de toutes ces espèces sont petits et globuleux ; ils ont été observés à la première et à la

seconde division de maturation. Aucune anomalie, ni aucune différence notable n'a été observée aux différents stades de ces cinèses de réduction. — M. **Jean-Louis Vidal** : *Sur les causes intimes de la chlorose spécifique des sols calcaires.* La chlorose calcaire est due à une carence de fer par insolubilisation de ce dernier, surtout dans les tissus malades. Le fer total présent dans les plantes chlorosées des calcaires est suffisant pour les besoins de ces plantes, lorsqu'il est mobilisé par l'acide citrique et rendu ainsi utilisable. — M. **André Paillot** : *Nouvelles recherches sur l'histophysiologie du corps adipeux et des tissus ectodermiques du Bombyx du mûrier pendant la mue.* — M. **Marc de Larambergue** : *Variétés pigmentaires de* Bulinus (Isidora) contortus *Mich. ; leur intérêt dans l'analyse génétique des processus de fécondation.* Il existe deux variétés pigmentées chez *Bulinus contortus*, ce Pulmoné pouvant avoir suivant les cas un manteau dépourvu ou constellé de taches noires. Des croisements expérimentaux ont permis de vérifier que la forme tachetée se comportait comme déterminée par un facteur mendélien, dominant sur son allélomorphe non tacheté. Ces deux variétés offrent un moyen sûr d'analyser les processus de fécondation. Les croisements réalisés en combinant les caractères pigmentaires et phalliques donnent des hybrides F_1, décelés par leur pigmentation, qui peuvent être du type normal A, ou aphallique B, mais qui donnent tous en F^2 4 types de descendants : A et B tachetés, A et B sans taches. Les A et B apparaissent en F_2 suivant des proportions variables, indépendamment des types de pigmentation, pour lesquels la ségrégation 3 : 1 se vérifie, indiquant la libre combinaison des gamètes, suivant les lois du hasard, dans l'autofécondation des hybrides isolés. — MM. **Philippe L'Héritier** et M. **Georges Teissier** : *Une anomalie physiologique héréditaire chez la Drosophide.* Le traitement au CO^2 endort les Drosophiles mais n'exerce sur elles aucune action durable. Pourtant pour une certaine souche « ebony » ce gaz est un poison. L'étude à différentes températures de la réaction de ces mouches sensibles à des concentrations variables de CO^2 montre qu'à chaque température il existe une concentration au-dessous de laquelles elle paraissent se comporter comme les mouches normales. Au-dessus de ce seuil, le pourcentage des intoxiquées augmente rapidement avec la concentration et, lorsque celle-ci dépasse une certaine valeur, aucune ne survit. Entre 2° et 23° la concentration en CO^2 qui entraîne une mortalité de 50 p. 100 croît linéairement avec la température. Au-dessus de 23° ces mouches perdent leur sensibilité et se comportent comme des Drosophiles ordinaires ; il en est de même aux très basses températures. Cette curieuse réaction de la souche étudiée constitue une véritable monstruosité physiologique héréditaire. — **Emile Rousseau** : *Isolement d'un facteur oxydant du sang des malades cancéreux et de sujets normaux. Déficience des sangs cancéreux en ce facteur.* En opérant sur le sang de malades cancéreux, soit au début de la formation de leur tumeur, soit présentant une tumeur très évoluée l'auteur a observé, dans tous ces sangs, un facteur oxydant hématique qui était quantitativement inférieur de 20 à 30 pour 100 à celui qui existe dans le sang de sujets normaux. Cette déficience quantitative est toujours en rapport avec l'état révolutif de la néoplasie. — M. **Jean Loiseleur** : *Sur le mode d'action de la pepsine.* L'évolution du potentiel électrocinétique d'un protéide soumis à l'action de la pepsine confirme l'hypothèse souvent émise et selon laquelle la protéolyse est précédée de la fixation de la pepsine sur le protéide. — M. **Jean Le Calvez** : *Les chromosomes spiraux de la première mitose schizogonique du Foraminifères* Patellina corrugata *Will.* — MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman** : *Chimiothérapie antiendotoxique.* Le 4-nitro 4' aminodiphénylsulfoxide, administré par voie buccale, protège la souris contre l'intoxication provoquée par l'endotoxine gonococcique, dans une proportion assez élevée. L'activité thérapeutique *in vivo* de certains dérivés benzéniques sulfurés est donc à la fois antimicrobienne et antitoxique. C'est la première fois que l'on démontre la possibilité d'une chimiothérapie antitoxique, ce qui ouvre des perspectives nouvelles sur le plan du traitement chimiothérapique des infections microbiennes toxigènes. D'autre part les souris, ayant survécu à une inoculation intrapéritonéale d'endotoxine gonococcique, acquièrent l'immunité antigonococcique, ce qui n'est pas le cas des souris guéries par le produit sus-indiqué. Ce corps, en neutralisant l'endotoxine, semble donc annihiler en même temps son pouvoir antigénique vaccinant.

Séance du 6 décembre 1937.

M. **A. Béhal** est élu vice-président de l'Académie pour 1938. — M. **Ch. Pérez** lit une notice sur G.-A. Boulenger, membre correspondant de l'Académie.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Hibbert** : *Cellules d'univalence des polynômes.* — M. **A. Guillet** : *Détermination d'un réseau de valeurs de l'intensité g de la pesanteur centré sur une station donnée.* L'auteur décrit une méthode permettant de substituer, au relevé des variations de la longueur $l = g / \pi^2$ du pendule unité, celui d'une longueur beaucoup plus grande, visible et fixée sur le pendule, obtenue par effet différentiel ; pour cela, il emploie un pendule dont la masse est composée de deux corps pouvant être écartés l'un de l'autre, en sens opposés, à partir de leur position initiale. — M. **Al. Favre** : *Etude expérimentale de mouvements à deux dimensions, au moyen du tunnel hydrodynamique Toussaint-Carafoli ; influence de la viscosité.* — M. **Emile Merlin** : *Un théorème sur le mouvement des fluides dépourvus d'accélération.* — M. **D. Riabouchinsky** : *Ondes hypersoniques dans les gaz.* — MM. **G. A. Mokrzychi** et **J. Wysocki** : *Sur le décollage dans le vol à voile.*

(A suivre.)

Le Gérant : Gaston Doin.

Stè Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 2-38.